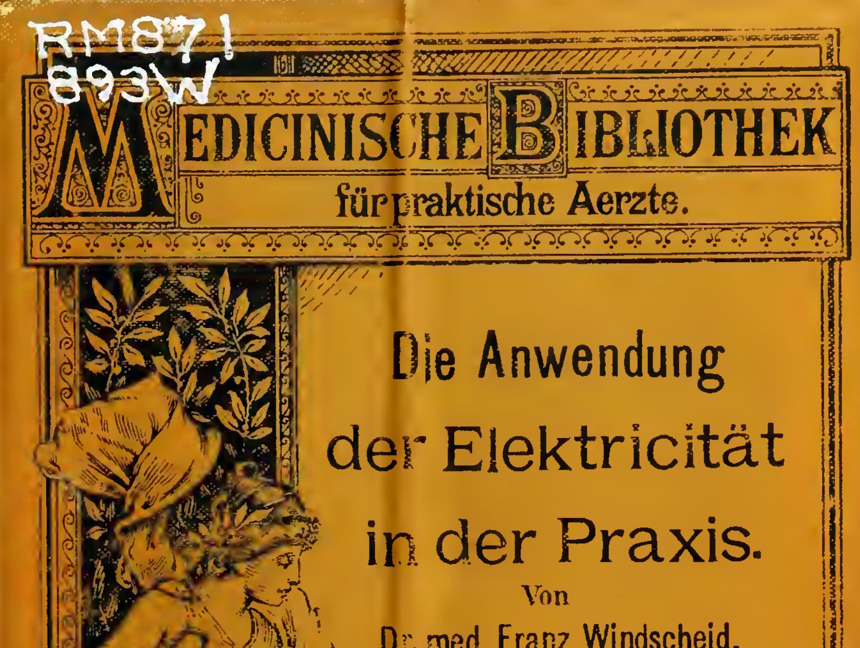


Die Anwendung der Elektricität in der Praxis.

Von

Dr. med. Franz Windscheid.

Verlag von C. G. Naumann, Leipzig.

Medicinische Bibliothek für praktische Aerzte.



Die f in
ihrer E und
billigen. Zeit
alle für

Vo igen
Berücksi tige
Ergebniss Be-
handlungs lche
neue Heil sche
Versuche uen
Behandlu ung
hervorgeg ften
der Medi oder
physiolog ndet
sind. D iten
der medic der-
interessen

Die fort-
laufenden thek
kostet 50 gen;
für Illustr Ab-
bildungsta eine
der Ausfü liche
Werke si be-
zogen wer ab-
gegeben.

Neue Erscheinungen werden dur regelmässig auszugebende Prospekte, die medicinischen Zeitsc riften beiliegen, angezeigt.

Die

Anwendung der Elektricität

in der

medicinischen Praxis.

Von

Dr. med. Franz Windscheid

Privatdocenten an der Universität,
Assistenten der neurologischen Abtheilung der Königl. medicinischen
Universitäts-Poliklinik zu Leipzig.



LEIPZIG.

Druck und Verlag von C. G. Naumann.

Holzfreies Papier.

VORREDE.

Das vorliegende kleine Werkchen ist im Wesentlichen der etwas veränderte Inhalt der Vorlesung über Elektrodiagnostik und Elektrotherapie, durch welche ich seit einer Reihe von Semestern die Studirenden in dieses Gebiet einzuführen suche. Das Werkchen verfolgt rein praktische Zwecke, es macht auf nichts weiter Anspruch, als eine Anleitung zu geben zur Erlernung der Methoden der Elektrodiagnostik und Elektrotherapie. Theoretische Erörterungen sind absichtlich vermieden worden. In der physikalischen Einleitung habe ich ein Hauptgewicht gelegt auf die Beschreibung vielgebrauchter Apparate, da ich aus Erfahrung weiss, wie wenig im Allgemeinen die innere Einrichtung vieler derselben bekannt ist. Selbstverständlich konnte ich nicht alle Apparate erwähnen. Die hierdurch sich ergebende gewisse Einseitigkeit bitte ich auch dem mir zugemessenen Raume zuschreiben zu wollen.

Neues wird man demnach in dem Büchlein nicht finden. Auch die Abbildungen sind zum grössten Theile anderen, wohlbekannten Werken entlehnt. Nur einige sind neu von mir entworfen worden. Für die exacte Wiedergabe dieser Figuren, sowie für die ganze Ausstattung des Werkchens bin ich der Verlagsbuchhandlung geziemenden Dank schuldig.

Es gehört heutigen Tages ein gewisser Muth dazu, für die Anwendung der Elektricität in der medicinischen Praxis einzutreten. Weniger in Bezug auf die Elektrodiagnostik. Hier handelt es sich um greifbare Wirkungen, welche allerdings noch weit davon entfernt sind, nach allen Richtungen hin methodisch untersucht zu sein, und noch viele Widersprüche enthalten, ihre Existenzberechtigung wird aber von Niemand geleugnet werden können. Anders steht es mit der Elektrotherapie. Die Angriffe gegen dieselbe als werthlose, unwissenschaftliche Heilmethode haben eine ungeheuere Grösse angenommen und drohen sie ganz zu vernichten. Gewiss ist die Elektrotherapie ganz maasslos überschätzt worden — dieses Schicksal theilt sie mit vielen anderen therapeutischen Bestrebungen — und der reinigende Sturmwind, der jüngstens durch sie hindurchgefahren ist, hat manches Unkraut mit der Wurzel ausgerodet. Man will aber noch weiter gehen. Man will der Elektrotherapie den Boden ganz entziehen, man will sie als überflüssig und die wenigen Wirkungen, welche ihr auch die erbittertsten Gegner nicht absprechen können, als auf anderem Wege

ebenso gut erzielbar hinstellen. Die Berechtigung dieser Anschauung wird nur durch eine sehr grosse Erfahrung entschieden werden können!

Für mich steht nur so viel fest: Die schweren Angriffe, welche von der berufensten Seite aus gegen die Elektrotherapie gerichtet worden sind, dürfen in ihrer materiellen Bedeutung nicht beklagt werden. Im Gegentheil, sie haben zum mindesten allzueifrige Vertreter dieser Wissenschaft gezwungen, Einkehr zu halten in sich selbst. Die wahre Wissenschaft lernt nur durch strenge Kritik. Was ich aber bedauere, ist, dass der praktische Arzt durch diese Angriffe nur zu leicht daran verhindert wird, sich überhaupt mit Elektrotherapie zu beschäftigen — es wird ihm nicht der Mühe werth erscheinen, wenn die ganze elektrische Behandlung in so absprechender Weise von Autoritäten verurtheilt wird. Die heftigen Angriffe discreditiren auch das Wenige, was wirklich als reell in der Elektrotherapie aufgefasst werden darf, sie werden zur Folge haben, dass die Elektrotherapie niemals, wie es doch so wünschenswerth ist, Gemeingut der praktischen Aerzte wird.

So lange allerdings die Grundlage der experimentellen Pathologie ihr fehlt, wird die Elektrotherapie nicht mit anderen, experimentell erprobten Heilmethoden rivalisiren können — über diese Thatsache wird wohl Einigkeit herrschen!

Gegenwärtig bleibt nur übrig, dass jeder Einzelne durch gewissenhafte, nüchterne Beobachtung dazu bei-

trägt, Licht auf das dunkle Gebiet der Elektrotherapie zu werfen. Hierzu gehören vor Allem genaue Krankengeschichten, gestützt auf exacte elektrodiagnostische Untersuchungen. Leider bilden letztere immer noch für viele eine terra incognita!

Leipzig, 27. Januar 1893.

Dr. med. Franz Windscheid.

INHALTS-VERZEICHNISS.

Die Anwendung der Elektricität in der Praxis erfolgt:

1) zu Zwecken der Diagnose (Elektrodiagnostik),
2) zu Zwecken der Therapie (Elektrotherapie).

Wenn auch für den praktischen Arzt die Elektrotherapie vielleicht die Hauptbedeutung hat, so sind doch Elektrodiagnostik und Elektrotherapie nicht von einander zu trennen. Der Arzt muss zuerst wissen, wie die Elektricität auf den gesunden und kranken Menschen wirkt, ehe er dieselbe zu Heilzwecken gebrauchen kann; ausserdem wird aus dem elektrodiagnostischen Befunde vielfach erst die anzuwendende Elektrotherapie entschieden werden können. Der Elektrotherapie muss daher nothwendigerweise ein kurzer Abriss der Elektrodiagnostik vorausgehen.

Elektrodiagnostik sowohl als Elektrotherapie gründen sich auf physikalische Thatsachen, deren völlige Beherrschung Grundbedingung ist für das Verständniss der elektrischen Untersuchung sowohl, als der elektrischen Behandlung.

Es wird daher allen beiden vorausgehen müssen eine ganz kurze physikalische Einleitung, an welche sich zugleich eine Beschreibung der einschlägigen elektrischen Apparate anschliessen wird.

Physikalische Einleitung.

In Frage kommen zwei Arten Elektricität:

1. Die Reibungs- oder Influenzelektricität.
2. Die Spannungselektricität (der elektrische Strom).

Beide Arten finden in der medicinischen Wissenschaft zur Diagnostik, wie auch zur Therapie Anwendung, hauptsächlich jedoch der elektrische Strom.

Die Reibungselektricität hat sich erst in der neusten Zeit einen Boden als wissenschaftliche Untersuchungs- und Behandlungsmethode erworben, wenn sie auch noch weit davon entfernt ist, mit dem elektrischen Strom in dieser Beziehung in eine Linie gestellt werden zu können. Vielleicht ist ihr aber doch noch eine Zukunft beschieden, und schon aus diesem Grunde möge sie hier eine kurze Erwähnung finden.

I. Die Reibungselektricität.

(Influenz-Elektricität, statische Elektricität.)

Reibt man eine Glas- oder Siegellackstange mit einem wollenen Tuche, so werden Papierschnitzel, Flaumenfeder und Hollundermarkkügelchen von der Stange angezogen, bleiben eine Zeit lang an ihr hängen und fallen dann wieder ab: Die Glas- und Siegellackstange sind durch das Reiben elektrisch geworden und üben auf leichte Gegenstände eine Anziehung und eine Abstossung aus. Durch das Reiben einer Metallstange werden jedoch die eben beschriebenen

Erscheinungen nicht hervorgerufen werden können, wohl aber wird eine Metallstange ebenfalls leichte Gegenstände anziehen können, wenn man dieselbe mit einer Handhabe von Glas oder Kautschuk versieht und dann reibt. Die Metallstange wurde nämlich, als sie allein in der Hand gehalten wurde, durch das Reiben ebenfalls elektrisch, jedoch wurde die Elektricität durch die haltende Hand aus dem Metall sofort wieder entfernt. Als aber die Handhabe aus Glas oder Kautschuk an ihr befestigt worden war, blieb die Elektricität in ihr fest gehalten zurück. Hieraus folgt, dass Metalle die Elektricität fortleiten, Glas oder Kautschuk hingegen nicht.

Man theilt daher die Körper ein in Leiter und Nichtleiter, letztere heissen auch Isolatoren. Leiter sind: Metalle, Graphit und Holzkohle, Wasser, sämmtliche wässerige Flüssigkeiten, daher auch der menschliche Körper, feuchte Erde, feuchte Luft. Nichtleiter, oder besser gesagt schlechte Leiter, weil es absolute Nichtleiter eigentlich nicht giebt, sind: Harz, Schellack, Siegellack, Schwefel, Guttapercha, Kautschuk, Glas, Seide, Collodium, trockenes Holz, trockene Luft, Alcohol, Aether, Oel, Fettkörper. Ein Leiter, welcher umgeben ist von Nichtleitern, ist isolirt, weil seine Elektricität in ihm zurückgehalten wird.

Berührt man zwei an einem Seidenfaden aufgehangene Hollundermarkkügelchen mit einem durch Reiben mit Wolle elektrisch gemachten Glasstabe, so werden die Kügelchen einander abstossen und werden auch einzeln vom Glasstab abgestossen, dagegen werden sie von einer durch Reiben elektrisch gemachten Siegellackstange angezogen. Berührt man dieselben Kügelchen mit der durch Reiben elektrisch gemachten Siegellackstange, so werden sie sowohl einander abstossen, als auch vom Siegellack abgestossen werden, hingegen werden sie von einer elektrisch gemachten Glasstange angezogen. Es muss daher die durch Reiben der Siegellackstange gewonnene Elektricität eine andere sein, als die durch Reiben der Glasstange gewonnene, und man nennt die

Siegellackselektricität negativ, die Glaselektricität positiv. Ausserdem folgt aus dem obigen Versuch, dass gleichartige Elektricitäten einander abstossen, ungleichartige einander anziehen.

Die positive und negative Elektricität werden durch das Reiben erst erzeugt; vor der Reibung waren sie mit einander vereinigt in dem Glas, respective Siegellack vorhanden: der Körper war neutralisirt. Reibt man aber das Glas oder Siegellack, so erfolgt eine Trennung der bisher vereinigt gewesenen Elektricitäten in der Art, dass sich die eine am geriebenen Körper, die andere am Reibzeug ansammelt. Was für Elektricität der betreffende Körper durch das Reiben annimmt, hängt ab von der Stellung des betreffenden Köpers in der Spannungsreihe, nach welcher jeder Körper mit einem vorhergehenden geriebenen negativ mit einem folgenden positiv elektrisch wird. Die Spannungsreihe lautet:

Katzenfell, Flanell, Elfenbein, Federkiele, Bergkrystall, Flintglas, Baumwolle, Leinwand, weisse Seide, menschliche Hand, Holz, Metalle, Kautschuk, Siegellack, Schwefel, Guttapercha, elektrisches Papier, Collodium.

Die beiden durch die Reibung entstandenen Elektricitäten haben das Bestreben, sich gegenseitig anzuziehen und sich dadurch wieder zum Neutralzustande zu vereinigen. Nähert man daher einem positiv geladenen Körper einen negativ geladenen, so erfolgt die Ausgleichung der entgegengesetzten Elektricitätsmengen in Form eines Funkens und hierauf sind dann beide Körper wieder wie früher neutral elektrisch.

Die Anhäufung der durch das Reiben erzeugten Elektricität erfolgt nur auf der Oberfläche der Körper, nicht in ihrem Innern. Auf der Oberfläche sammelt sie sich mit einer gewissen Spannung an, d. h. sie sucht von dem Körper aus in die Umgebung zu entweichen und dadurch die Spannung auszugleichen. Die Grösse dieser Spannung und damit die Vertheilung der Elektricität auf die Einheit des Querschnittes, die sogenannte Dichtigkeit,

hängt ab von der Form des Körpers, auf welchem sich die Elektricität angehäuft hat. Gleichmässig vertheilt sich die Dichtigkeit nur auf einer Kugelfläche. Auf Körpern von anderer Gestalt ist die Dichtigkeit am grössten an der Stelle der grössten Krümmung und ist ausserdem um so grösser, je mehr der betreffende Theil über die Oberfläche hervorragt, also z. B. die Form von Kanten, Ecken oder Spitzen hat. An einer Spitze wird daher die Anhäufung der Elektricität so gross sein, dass sie frei ausströmt und im Dunkeln als Licht zu erkennen ist.

Die Vertheilung der in einem Körper angehäuften neutralen Elektricität kann auch noch auf andere Art geschehen, als durch Reiben des Körpers. Nähert man einem durch einen Glasfuss isolirten Metallcylinder eine geriebene Glasstange, so wird durch die Annäherung eine Vertheilung der in dem Metallcylinder bisher gebunden gewesenen Elektricität in der Weise erfolgen, dass an dem dem Glasstab zugekehrten Ende des Cylinders die der Glaselektricität entgegengesetzte, also die negative Elektricität angesammelt wird, an dem anderen Ende dagegen die positive. Man nennt diese Art der Vertheilung der neutralen Elektricität die Vertheilung durch Influenz. Berührt man jetzt den Metallcylinder an dem Ende, an welchem er positiv elektrisch geworden ist, mit der Hand, so wird die positive Elektricität durch den menschlichen Körper zur Erde abgeleitet werden und der Metallcylinder ist nur noch mit negativer Elektricität gefüllt oder wie man sich ausdrückt, geladen. Durch immer wieder neue Berührung des Metallcylinders mit der geriebenen Glasstange kann man demselben immer wieder von neuem Elektricität zuführen und ihn auf diese Weise immer stärker laden. Einen derartig geladenen Metallcylinder nennt man auch einen Condensator.

An Stelle der Glasstange, welche dem Metallcylinder genähert wird, kann man auch eine beliebige Metallkugel elektrisch laden und sie dem Metallcylinder gegenüber stellen. Auch in diesem Falle wird von der geladenen

Metallkugel durch Influenz der Metallcylinder elektrisch geladen und zwar ebenfalls in um so höherem Maasse, je mehr Elektricität der Metallkugel zugeführt wird. Natürlich ladet sich der Metallcylinder mit der der Metallkugel entgegengesetzten Elektricität, während die andere Elektricität durch Verbindung des Metallcylinders mit der Erde andauernd zu dieser abgeleitet werden kann. Wenn die beiden entgegengesetzt geladenen Körper einander gegenüber stehen, so suchen sie ihre Ladungen auszugleichen, und werden sie ganz nahe aneinander gerückt, so vereinigen sie durch die sie trennende und isolirende Luftschicht hindurch ihre entgegengesetzten Spannungen in Form eines Funkens (vergl. oben).

Zur Erzeugung einer grösseren Menge von Reibungs-Elektricität benutzt man am besten die von Holtz erfundene Influenzmaschine. (Fig. 1.) Sie besteht aus zwei, durch einen kleinen Zwischenraum von einander getrennten Glasscheiben, von welchen die eine feststeht, während die andere durch eine Kurbel (a) in Drehung versetzt werden kann (s. Fig. 1). An der feststehenden Scheibe sind zwei einander gegenüberliegende Ausschnitte, A und A', angebracht, von denen jeder auf einer Seite mit Cartonpapier belegt ist (b und b'), von welchem jederseits eine Spitze, c und c' hervorragt. Auf der vorderen Fläche der drehbaren Scheibe steht diesen Papierbelegen, durch die rotirende Scheibe von ihnen getrennt, je ein aus zwei Reihen von Zähnen bestehender Spitzenkamm (d und d') gegenüber. Jeder ist verbunden mit einem rechtwinklig gebogenen

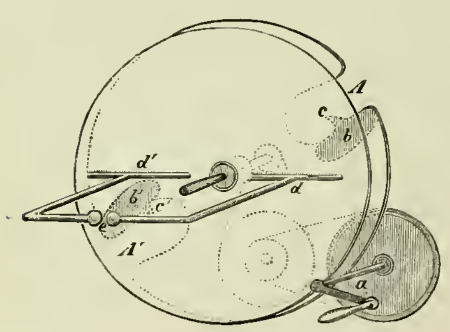


Fig. 1. Holtz'sche Influenzmaschine.

Metallarm, welcher an seinem Ende einen Knopf trägt (Conductoren). Wenn man nun dem Cartonbeleg b positive, dem Beleg b′ hingegen negative Elektricität zuführt, so wirkt die dem Cartonbeleg b zugeführte Elektricität durch Influenz auf den ihr gegenüber befindlichen Theil der rotirenden Scheibe und den Spitzenkamm d in der Weise, dass der beim Drehen an b vorübergehende Theil der rotirenden Scheibe negativ geladen wird, während die abgestossene positive Elektricität durch den Spitzenkamm in den Conductor übergeht. Sobald aber der negativ geladene Theil der rotirenden Scheibe an die negativ geladene Belegung b′ gelangt, wird die rotirende Scheibe positiv geladen und die negative Elektricität strömt durch den Spitzenkamm in den anderen Conductor.

Um das lästige Laden der beiden Belegungen zu vermeiden und ausserdem die durch den Gebrauch der Maschine entstehende Abschwächung der Ladungen zu verhindern, ist der Apparat so eingerichtet, dass durch die Bewegung der beiden Belegungen fortdauernd entgegengesetzte Ladungen erhalten werden und dass sich diese fortwährend verstärken. Hierzu dienen die Spitzen c und c′. Wenn nämlich der Theil der rotirenden Scheibe, welcher sich vor b negativ geladen hat, vor b′ ankommt, so saugt die Spitze c′ einen Theil der negativen Elektricität auf und macht die ganze Belegung b′ negativ elektrisch, während bei b durch die Spitze c die ganze Belegung positiv geladen wird.

Auf Grund dieser Holtz'schen Influenzmaschine sind auch diejenigen Apparate construirt worden, welche zu medicinischen Zwecken statische Elektricität liefern. Derjenige Apparat, welcher zur Zeit als der vollkommenste bezeichnet werden muss und allen Anforderungen genügt, ist die von Hirschmann in Berlin nach Angabe von Professor Eulenburg verfertigte Influenzmaschine, deren Abbildung auf Tafel 1 zu finden ist. Auf eine ausführliche Beschreibung der höchst complicirten, aber ausserordentlich sinnreichen Maschine kann hier nicht näher ein-

gegangen werden. Es sei nur soviel erwähnt, dass die Drehung der rotirenden Scheibe nicht durch Menschenhand, sondern durch einen Wassermotor erfolgt und dass die beiden Conductoren der Holtz'schen Maschine durch zwei Paar Conductoren ersetzt sind (P und N, I und II). Zwischen diese Conductoren wird der menschliche Körper in einer Weise eingeschaltet, wie sie späterhin noch ausführlicher beschrieben werden wird.

Der grösseren Verbreitung dieses Apparates unter den Aerzten dürfte wohl sein noch sehr hoher Preis (750 bis 1250 Mark) im Wege stehen.

II. Die Spannungs-Elektricität.
(Der elektrische Strom.)

Man unterscheidet zu medicinischen Zwecken zwei Arten von elektrischem Strom, welche verschiedene diagnostische und therapeutische Wirkungen auf den menschlichen Körper haben und daher neben einander gebraucht werden.

1. Den durch Contact erzeugten elektrischen Strom (galvanischer, constanter, continuirlicher, Batteriestrom).

2. Den durch Induction erzeugten elektrischen Strom (faradischer, unterbrochener, Inductionsstrom).

1. *Der galvanische Strom.*

Der galvanische Strom entsteht durch Eintauchen zweier verschiedener Metalle in eine Flüssigkeit. Die einfachste Art einen galvanischen Strom zu erzeugen, ist folgende: man taucht eine Zink- und eine Kupferplatte in ein Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure und zwar so, dass die beiden Metalle sich nicht berühren und jedes aus dem Gefäss hervorragt. In dem Augenblicke, wo die Metalle in die Flüssigkeit eintauchen, findet eine Vertheilung der in den Metallen bisher vereinigt gewesenen Elektricität statt und zwar so, dass sich an dem einen

Ende eines jeden Metalles die positive, an dem anderen Ende die negative Elektricität ansammelt. An welchem Ende der betreffenden Metalle sich die positive oder die negative Elektricität anhäuft, ist verschieden nach den verschiedenen Metallen, beim Zink wird das in die Flüssigkeit eintauchende Ende positiv, das frei herausragende negativ elektrisch, während beim Kupfer das umgekehrte der Fall ist. (Fig. 2.) Diese Vertheilung der bisher vereinigt gewesenen Elektricitätsmenge erfolgt mit einer gewissen Spannung, so dass die nunmehr getrennten Elektricitäten sich ebenfalls mit derselben Spannung an den Enden der Metalle anhäufen. Verbindet man nun das frei hervorragende Ende des Kupfers mit dem frei hervorragenden Ende des Zinks durch einen die Elektricität gut leitenden Gegenstand, z. B. durch einen Metalldraht (Fig. 3), so werden sich die entgegengesetzten Elektricitäten kraft ihrer Spannung ausgleichen und die nunmehr wieder vereinigte Elektricität wird zwischen den beiden hervorragenden Metallenden hin und her fliessen. Das gleiche wird aber auch der Fall sein an den in die Flüssigkeit eintauchenden Metallenden, bei welchen die gut leitende Flüssigkeit selber die Rolle des die Spannung ausgleichenden Mediums darstellt. Man wird also auf diese Weise einen in sich selbst zurücklaufenden elektrischen Stromkreis haben, welcher fortwährend von einem hervorragenden Metallende durch den Verbindungsdraht zum anderen Metallende und von einem eintauchenden Metallende durch die Flüssigkeit zum anderen fliesst. Selbstredend wird dieser elektrische Strom ebenso gut vom Zink zum Kupfer, als auch vom Kupfer zum Zink strömen; man hat jedoch,

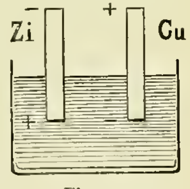


Fig. 2.

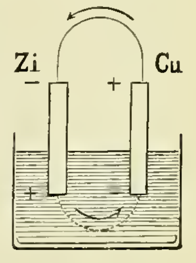


Fig. 3.

um eine allgemein gültige Bezeichnung gebrauchen zu können, sich dahin geeinigt, nur den Weg vom positiven zum negativen Metallende als Stromesrichtung zu bezeichnen und sagt daher: die Elektricität strömt im Verbindungsdraht vom Kupfer zum Zink in der Flüssigkeit vom Zink zum Kupfer (s. Fig. 3).

Eine derartige einfache Anordnung, zwei Metalle in einer Flüssigkeit mit einander durch einen Metalldraht verbunden, nennt man ein galvanisches Element. Wird der Verbindungsdraht irgendwo unterbrochen, so ist der Strom geöffnet, wird die Verbindung wieder hergestellt, so ist der Strom geschlossen. Die beiden frei hervorragenden Metallenden nennt man die Pole und zwar bezeichnet man den positiven Pol als Anode, den negativen als Kathode. Zwischen Anode und Kathode lässt sich an Stelle des metallischen Verbindungsdrahtes jedes beliebige andere leitende Medium, also auch der menschliche Körper einschalten.

Da aber ein einzig derartiges Element nicht ausreichen würde, um einen für medicinische Zwecke genügend starken Strom zu erzeugen, so muss man mehrere Elemente zu einer Batterie vereinigen. Dies kann erfolgen, indem man entweder jeden Zinkpol mit dem Zinkpol und jeden Kupferpol mit dem Kupferpol des nächstfolgenden Elementes verbindet (gleichnamige Verbindungen) oder aber indem man den Zinkpol des einen Elementes mit dem Kupferpol und den Kupferpol mit dem Zinkpol des benachbarten Elementes vereinigt (ungleichnamige Verbindung). Für medicinische Zwecke wird stets die ungleichnamige Verbindung angewandt. Man betrachtet dann als Anode den Kupferpol des ersten und als Kathode den Zinkpol des letzten Elementes. Durch die Verbindung dieser beiden Metallenden wird die gesammte Spannung aller in der Batterie enthaltenen Elemente abgeleitet und nutzbar gemacht.

Die Vertheilung der in den Metallen vereinigten Elektricität findet nicht nur in dem Augenblicke statt, in

welchem die Metalle zum ersten Male mit der Flüssigkeit in Berührung kommen, sondern beginnt in jedem Moment von neuem, so dass in Folge des constanten Eintauchens der Metalle fortwährend eine gewisse Differenz in den Spannungen der an den entgegengesetzten Metallenden angehäuften entgegengesetzten Elektricitätsmengen aufrecht erhalten wird. Diese Fähigkeit, die Spannungsdifferenzen aufrecht zu erhalten, bis sie sich durch eine leitende Verbindung ausgleichen können, nennt man die elektromotorische Kraft eines Elementes. Von ihr hängt es ab, ob der von einem Elemente erzeugte elektrische Strom stark oder schwach ist. Diese elektromotorische Kraft ist wiederum abhängig von den verschiedensten Faktoren, z. B. von der Qualität der beiden Metalle und der leitenden Flüssigkeit, vor Allem aber von der Stellung der betreffenden Metalle in der sogen. Spannungsreihe.

Um das Gesetz dieser Spannungsreihe zu verstehen, muss man zurückgreifen auf den Grundversuch, auf welchen sich die ganze Lehre der Contactelektricität aufbaut, auf die Entdeckung des constanten Stromes durch Galvani. Galvani hatte Froschschenkel, welche mit ihren motorischen Nerven noch in Zusammenhang standen, an einem Kupferdraht befestigt und dieselben an einem Gitter von Eisen aufgehängt. In dem Augenblicke, in welchem der Kupferdraht das Eisen berührte, fingen die Muskeln an zu zucken. Galvani selbst ist es nicht gelungen, diese Erscheinungen zu erklären, erst Volta wies nach, dass die Berührung des Eisens mit dem Kupfer die Quelle zur Erzeugung eines elektrischen Stromes bildete und dass in Folge der Reizung des Nerven durch den so entstandenen Strom die Muskelzuckung erfolgte. Er zeigte dann ferner noch, dass nicht nur Eisen und Kupfer, sondern noch verschiedene andere Metalle im Stande sind durch gegenseitige Berührung einen elektrischen Strom zu erzeugen, und dass ein derartiger Strom auch durch Berührung zweier Metalle mit einer Flüssigkeit entstehen kann. Die Spannungsdifferenz ist bei Berührung von Metallen mit

Flüssigkeit eine viel grössere als von Metallen mit Metall, ist aber in ihrer Grösse wiederum abhängig von der Qualität der Metalle und der Flüssigkeit.

Man hat nun eine Anzahl Metalle in einer Reihe zusammengestellt, welche die oben erwähnte Spannungsreihe darstellt. Ist der flüssige Leiter gegeben, so kann die elektromotorische Kraft eines Elementes, welches von zwei in dieser Spannungsreihe enthaltenen Metallen gebildet wird, aus der Stellung dieser Metalle in der Spannungsreihe erkannt werden, weil die elektromotorische Kraft um so grösser ist, je weiter die Metalle in dieser Spannungsreihe auseinander stehen. Ausserdem wird ein Metall mit einem hinter ihm in der Reihe stehenden an der Berührungsstelle mit der Flüssigkeit immer positiv mit einem vor ihm stehenden negativ elektrisch.

Die Spannungsreihe lautet:

Zink, Blei, Zinn, Eisen, Wismuth, Kupfer, Platin, Gold, Silber, Kohle, Braunstein.

Die grösste elektromotorische Kraft würde also, im Allgemeinen gesagt, ein aus Zink und Braunstein bestehendes Element besitzen.

Wenn man ein Element eine Zeit lang geschlossen hält, wird man bald wahrnehmen, dass der elektrische Strom zusehends an Stärke abnimmt. Es beruht dies auf dem Vorgange der Polarisation. In Folge des Entstehens des elektrischen Stromes findet nämlich eine Zersetzung des Wassers der als Leiter gebrauchten Flüssigkeit statt, derart, dass sich der Wasserstoff am Kupfer-, der Sauerstoff am Zinkpol anhäuft. Man kann diesen Vorgang schon mit den Augen verfolgen, indem man nach Stromschluss sich an den in die Flüssigkeit eintauchenden Metallenden Gasblasen absondern sieht. Der Wasserstoff schlägt sich metallisch auf der Kupferplatte nieder, der Sauerstoff verbindet sich mit dem Zink zu Zinkoxyd, welches sich wiederum in der Schwefelsäure zu Zinksulfat auflöst. Nunmehr besteht nicht mehr eine einfache Berührung zwischen Kupfer, Zink und verdünnter Schwefelsäure, sondern es findet ein

Contact statt zwischen Wasserstoff, Zinkoxyd und verdünnter Schwefelsäure, wodurch ein neuer galvanischer Strom erzeugt wird, welcher dem ersten entgegengesetzt gerichtet ist und ihn daher bedeutend schwächt. Auf dem Entstehen dieses sogenannten Polarisationsstromes beruht die oben erwähnte Abschwächung des galvanischen Stroms, sobald das Element dauernd geschlossen ist. Die Erscheinungen der Polarisation sind Naturgesetze und lassen sich daher nicht vollkommen zum Verschwinden bringen. Wohl aber können sie in ihrer Intensität erheblich reduzirt werden, was natürlich für die Constanz eines galvanischen Stroms von der grössten Wichtigkeit ist. Um ihre Wirkungen abzuschwächen, hat man versucht, den durch die Zersetzung des Wassers entstehenden Wasserstoff gar nicht zur Vereinigung mit dem Zinkoxyd kommen zu lassen, ihn also gleichsam in statu nascendi unschädlich zu machen, noch ehe er die Kupferplatte überziehen kann. Auf diese Art sind die sogenannten constanten Elemente entstanden, welche indessen diesen Namen nicht ganz mit Recht führen, da auch sie allmählich an Stromesintensität nachlassen, wenn dies auch erst in bedeutend längerer Zeit eintritt, als bei den nicht constanten Elementen.

Die constanten Elemente beruhen alle auf dem Princip jedes der beiden Metalle in eine Flüssigkeit für sich eintauchen zu lassen und die beiden Flüssigkeiten durch eine poröse Scheidewand, meistens einen Thoncylinder, von einander zu trennen, welcher dem Durchgange des entstehenden galvanischen Stroms natürlich kein Hinderniss entgegensetzt. So unterscheidet man unter Anderen z. B. folgende constante Elemente (wobei nur die bekanntesten herausgegriffen werden sollen):

Daniell: Cu in $SO_4\,Cu$
Zi in $SO_4\,H_2$

Grove: Pl in $NO_3\,H$
Zi in $SO_4\,H_2$

Bunsen: Kohle in $NO_3 H$
Zi in $SO_4 H_2$.

Das constante Element von Daniell zeigt folgenden chemischen Vorgang: Der Wasserstoff, welcher sich am Kupfer entwickelt, scheidet aus der Kupfervitriollösung sofort reines metallisches Kupfer ab, welches sich verstärkend an die Kupferplatte anlegt. Am Zinkpol verbindet sich der entstehende Sauerstoff mit dem Zink sofort zu Zinkoxyd, welches sich in der Schwefelsäure sogleich zu Zinksulfat auflöst. Im Grove'schen Elemente wird die Salpetersäure durch den am Platin abgeschiedenen Wasserstoff unter Bildung von Wasser zu salpetriger Säure reduzirt, während am Zinkpol dieselben Erscheinungen wie im Daniell'schen Elemente eintreten.

$$NO_3 H + H_2 = NO_2 H + H_2O.$$

Ausserdem wird bei allen constanten Elementen das Zink amalgirt, d. h. es wird mit einer Schicht von Quecksilber überzogen. Hierdurch wird die sonst rauhe Oberfläche des Zinks, welche nur selten chemisch ganz rein ist und schon aus diesem Grunde die Constanz des Stromes stört, in eine ganz gleichmässig glänzende verwandelt und leistet ausserdem dem Andringen des Sauerstoffs einen bedeutend grösseren Widerstand.

Aus den drei oben genannten constanten Elementen — Daniell, Grove, Bunsen — haben sich nun allmählich eine ganze Reihe von Modificationen entwickelt, welche constante Elemente zu medicinischen Zwecken darstellen, und ausserdem sind eine Reihe von selbstständigen Erfindungen und Verbesserungen auf diesem Gebiete gemacht worden. Der Nutzen, welchen der Gebrauch eines constanten Elementes auch für ärztliche Zwecke darbietet, ist nicht als gering anzuschlagen. Insbesondere für die Elektrodiagnostik bildet die Constanz der Batterie eines der Haupterfordernisse; ferner braucht durch constante Elemente das lästige Nachfüllen derselben nur in sehr grossen Zwischenräumen vorgenommen zu werden. So

brechen sich die constanten Elemente auch für den medicinischen Gebrauch allmählich immer mehr und mehr Bahn. Die wichtigsten von ihnen sollen kurz besprochen werden, wenn auch diese Aufzählung naturgemäss auf Vollzähligkeit keinen Anspruch machen kann.

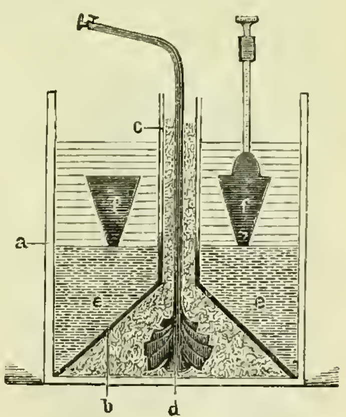
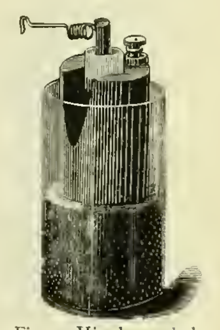


Fig. 4. Element Daniell-Siemens.

1. Element Daniell-Siemens, ein von Siemens und Halske modificirter Daniell. In dem Glasgefässe a (siehe Fig. 4) befindet sich eine poröse Thonzelle b. In diese Thonzelle ragt ein Kupferdraht hinein, welcher in eine Glasröhre c eingekittet ist und an seinem unteren Ende eine auf demGrunde der Thonzelle aufruhende Spirale d trägt. Zwischen der Thonzelle und dem Glasgefässe, sowie in einer gewissen Höhe der Glasröhre c befindet sich eine Lage von Papiermaché (e). Auf dieser ruht das Zink in Form eines die Glasröhre umschliessenden Cylinders (Durchschnitt bei f), von welchem eine Zinkstange zur Ableitung nach aussen geht. Das Glasrohr und die Thonzelle werden mit Kupfervitriolstückchen gefüllt, auf welche Wasser gegossen wird. Das Glasgefäss a wird ebenfalls mit Wasser gefüllt, bis der Zinkcylinder ganz davon bedeckt ist.


Fig. 5. Hirschmann'sche Modification des Daniell.

Das Element ist sehr constant und braucht vor 6 bis 8 Monaten nicht nachgefüllt zu werden.

Von Hirschmann ist das Element in der Weise modificirt worden, dass unter Beibehaltung der äusseren Anordnung das Kupfer durch Zink, der Zinkcylinder durch einen Braunsteincylinder ersetzt und das ganze Element mit Salmiak gefüllt wird. (Fig. 5.) Auch diese Elemente sind sehr constant und ausserdem sehr kräftig.

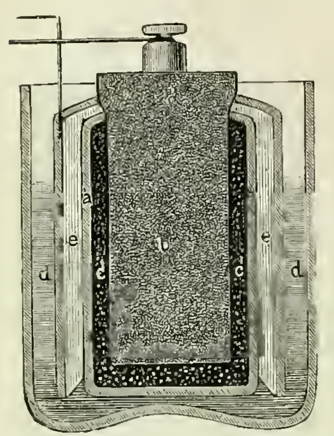


Fig. 6. Element Leclanché (nach Ziemssen).

2. Element Leclanché. In einer porösen Thonzelle a (siehe Fig. 6) steht eine Kohlenplatte (b), umgeben von einem Gemisch aus Braunstein und grob zerstossener Kohle (c c). Die Thonzelle befindet sich in einem grösseren Glasgefässe, aus welchem ein amalgirter Zinkstab (e), welcher in eine concentrirte Salmiaklösung (d) eintaucht, hervorragt. Am Zinkpol bildet sich durch Zersetzung des Salmiaks Chlorzink und Ammoniak, der am Kohlenpol entstehende Wassertoff wird sofort vom Braunstein absorbirt. Dieses Element hat vor Allem eine grosse elektromotorische Kraft und giebt daher einen sehr kräftigen Strom.

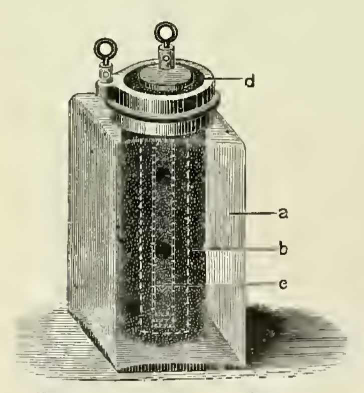


Fig. 7. Element Leclanché-Barbier.

Das Leclanché-Element hat zu medicinischen Zwecken zahlreiche Modificationen erfahren. Eine der zweck-

mässigsten ist die von Barbier. In ein mit Salmiak gefülltes Glasgefäss a (s. Fig. 7) taucht ein Braunsteincylinder b, aus welchem ein Zinkstab c hervorragt. Sowohl Braunstein als Zink sind an einem dicht anschliessenden überstehenden Gummiringe (d) befestigt, der obere Theil des Glasgefässes ist ausserdem von einer dichten Schicht Paraffin überzogen. Die Vorzüge des Elementes bestehen, abgesehen davon, dass für die beiden Elemente nur eine Flüssigkeit verwendet zu werden braucht, darin, dass die Salmiaklösung in Folge des enganschliessenden Gummiringes nicht verdunsten kann und dass durch das Paraffin das Ansammeln des am Zinkpol ausgeschiedenen Chlorzinkes an der Oberfläche des Elementes vermieden wird. Dieses Element ist ausserordentlich constant; der Strom entsteht fast nur auf Kosten des Zinkstabes, welcher — jedoch erst nach sehr langer Benutzung — etwas dünner wird und schliesslich durch einen neuen ersetzt werden muss.

3. Die Bunsen'schen Elemente bestehen aus Kohle in Salpetersäure und Zink in Schwefelsäure, beide getrennt durch eine poröse Thonzelle. Auch dieses Element wird heutzutage wegen seiner Constanz und seines kräftigen Stromes noch viel gebraucht, weniger allerdings zu medicinischen Zwecken, und hat ebenfalls zahlreiche Modificationen erfahren, welche indessen hier übergangen werden können.

Von nicht constanten Elementen finden am häufigsten Anwendung diejenigen, welche auf der Verbindung von Kohle und Zink mit Schwefelsäure beruhen und den Inhalt der ausserordentlich viel gebrauchten Batterien von Dr. Stöhrer & Sohn in Leipzig bilden. Zink und Kohle tauchen dabei in folgende Mischung ein: Schwefelsäure in Verdünnung von 1 zu 20, auf 6 Liter dieser Verdünnung kommen 200,0 Hydrargyrum sulfuricum, um die Amalgamirung des Zinkes zu verstärken resp. schadhaft gewordene Stellen des Zinkes neu zu amalgamiren. Die Stöhrer'schen Elemente suchen den Nachtheil der

Polarisation dadurch zu vermeiden, dass die mit obiger Flüssigkeit gefüllten Gefässe durch einen Hebel erst in die Höhe gehoben werden müssen, um mit Kohle und Zink in Berührung zu kommen (s. Fig. 8). Nach Gebrauch des Apparates lässt man dann die Gläser wieder herunter. Auf diese Weise treten die schädlichen Wirkungen des Polarisationsstromes wenigstens nur in der Zeit auf, wo der Apparat gebraucht wird (Tauchbatterie). Allmählich tritt natürlich doch eine Abnutzung der Elemente ein, namentlich in Folge der starken Bildung von

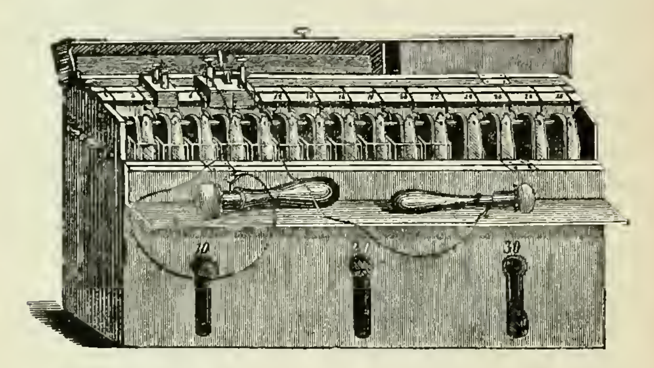


Fig. 8. Stöhrer'sche Batterie (Tauchbatterie).

Zinksulfat, welches die Flüssigkeit immer concentrirter macht, Zink und Kohle dicht überzieht und sie dadurch immer leitungsunfähiger werden lässt.

Die Stöhrer'sche Tauchbatterie hat den Vorzug, dass man die schädlichen Polarisationswirkungen doch in erheblichem Masse reducirt und ermöglicht durch die Einfachheit der Elemente einen bedeutend billigeren Preis und eine grössere Leichtigkeit der ganzen Batterie als beides bei den constanten der Fall ist. Der Nachtheil der Construction liegt, abgesehen von der durch die nicht ganz vermiedene Polarisation bedingte Stromesabschwächung, in der gewissen Umständlichkeit des Verfahrens, welche

durch das Heben und Senken des Hebels bedingt ist. Vergisst man einmal den Hebel wieder herunter zu lassen und lässt auf diese Weise vielleicht die Metalle eine Nacht über in der Säure stehen, so rächt sich dieses Versehen sofort durch eine beträchtliche Verminderung der Stromstärke.

Auf derselben Construction wie die Stöhrer'schen beruhen die Grenet'schen Tauchelemente. Sie bestehen aus zwei Kohlenplatten (a und b), zwischen welchen eine Zinkplatte (c) in die Höhe gehoben und wieder herunter gelassen werden kann (siehe Fig. 9). Die Flüssigkeit wird gebildet von:

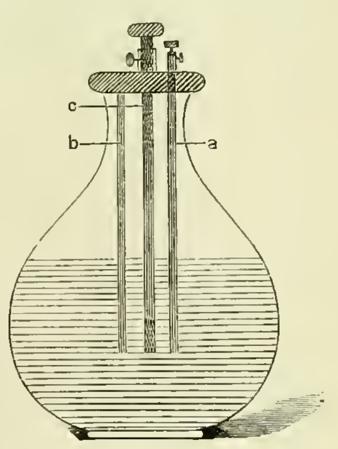


Fig. 9. Tauchelement nach Grenet.

Kal. bichromat.	50,0
Acid. sulfuric.	50,0
Hydrarg. sulfuric.	10,0
Aq. fontan.	450,0

Sobald die in der Mitte zwischen den beiden Kohlen befindliche Zinkplatte in die Flüssigkeit hineingeschoben wird, ist der Strom geschlossen; nach Beendigung der Untersuchung oder der Behandlung hebt man die Zinkplatte aus der Flüssigkeit wieder heraus, so dass auf diese Weise der Strom geöffnet ist und die Polarisation nicht eintreten kann. Auch das Grenet'sche Element unterliegt jedoch bald der Zersetzung: Die Flüssigkeit, welche bei frischer Füllung ganz hellröthlich wie helles Bier aussieht, wird sehr bald in Folge der Zersetzung des chromsauren Kalis zusehends dunkler und schliesslich ganz schmutzig grün. Nach längerem Gebrauche verliert auch die Zinkplatte an Substanz. In diesem Zustande kann das Element keinen genügend starken Strom mehr

erzeugen und Flüssigkeit wie Zinkplatte müssen erneuert werden. Seine Hauptverwendung findet das Grenet'sche Element zum Betriebe des Induktionsapparates.

Die zu medicinischen Zwecken gebrauchten galvanischen Elemente werden, wie schon erwähnt, zu einer Batterie vereinigt. Zu einer Batterie aus nicht constanten Elementen nimmt man am besten die Stöhrer'schen Tauchelemente, während man für constante Elemente am besten entweder die Hirschmann'sche Modification des Daniell oder die Leclanché-Barbier-Elemente wählt. Für eine Batterie, welche allen Anforderungen der Diagnostik und Therapie entsprechen soll, gebraucht man mindestens 30 Elemente, besser ist es noch, man versieht sich mit 40 bis 50.

2. *Der Induktionsstrom.*
(Faradischer, unterbrochener Strom.)

Der Induktionsstrom unterscheidet sich von dem galvanischen dadurch, dass er von ganz momentaner Dauer ist, ebenso rasch entsteht, wie er verschwindet. Daher werden seine physiologischen und therapeutischen Wirkungen von denen des ohne Unterbrechung fliessenden galvanischen Stromes sehr verschiedene sein.

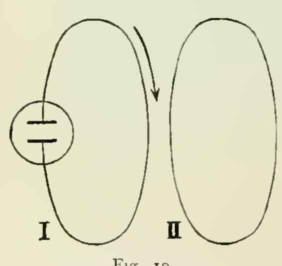


Fig. 10.

Ein solcher Induktionsstrom entsteht auf dreierlei Weise:

a) Wenn man an einen geschlossenen galvanischen Stromkreis, d. h. an ein Element, dessen beide Pole durch einen Metalldraht mit einander verbunden sind (s. Fig. 10 I), einen metallischen Leiter heranbringt, z. B. einen als Kreis zusammengelegten Kupferdraht (s. Fig. 10 II), so wird in diesem Kupferdraht ein ganz kurzer, sofort wieder vergehender Strom entstehen in dem Augenblicke, in welchem man den Kupferdraht an den galvanischen Stromkreis heranbringt und in dem

Augenblicke, in welchem man den Kupferdraht von dem Stromkreise wieder entfernt. Die beiden auf diese Weise in dem Kupferdraht entstehenden Strömungen sind in ihrer Richtung entgegengesetzt; während der bei der Annäherung des Kupferdrahtes entstehende Strom dem im geschlossenen Stromkreise fliessenden entgegengesetzt gerichtet ist, hat der bei der Entfernung des Kupferdrahtes entstehende Strom mit dem geschlossenen galvanischen Strom dieselbe Richtung. Man nennt den geschlossenen galvanischen Strom den primären Strom, den in dem Kupferdraht erst entstehenden, gleichsam in ihn hineingeführten, secundären oder Induktionsstrom.

b) Ein Induktionsstrom wird in dem geschlossenen Kupferdrahte aber auch erzeugt, wenn man den primären Stromkreis rasch öffnet und wieder schliesst. Der durch Oeffnung des primären Stromkreises entstehende Induktionsstrom ist dem primären Strom gleich gerichtet, der bei der Schliessung entstehende entgegengesetzt.

c) Setzt man an Stelle des geschlossenen Kupferdrahtes einen Magneten, an Stelle des primären Stromkreises aber einen in sich geschlossenen Kupferdraht, so wird in diesem Kupferdrahte ein Induktionsstrom entstehen, sobald der Magnet an den Draht herangebracht und wieder von demselben entfernt wird.

Von diesen drei Möglichkeiten, einen Induktionsstrom zu erzeugen, macht man Gebrauch zur Construktion der Apparate, mit welchen man zu medicinischen Zwecken einen Induktionsstrom erzielen kann. Man lässt nur sowohl den Schliessungsdraht des primären Stromkreises als auch den secundären Stromkreis selber nicht aus einem einfachen Kupferdrahte bestehen, sondern wickelt beide in vielfachen Windungen auf eine Holzrolle (primäre und secundäre Spirale). Jede Windung der primären Spirale wirkt auf diese Weise inducirend auf jede Windung der secundären Spirale und verstärkt hierdurch bedeutend den Induktionsstrom. Die primäre Spirale hat einen Draht von dickerem Querschnitt als die secundäre, weil

ein dünner Draht den Widerstand zu sehr erhöhen und dadurch den primären Strom schwächen würde. Um die Annäherung der beiden Spirale an einander leicht zu bewerkstelligen, wird die primäre Spirale festgestellt, während die secundäre über sie hinweggeschoben werden kann. Um die Schliessung und Oeffnung des primären Stromes nicht mit der Hand vornehmen zu müssen, lässt man dieselbe auf mechanischem Wege durch den Strom selber mittelst des sogenannten Neef'schen Hammers besorgen.

Der Apparat, welcher in dieser Weise einen Induktionsstrom zu erzeugen im Stande ist und fast ausschliesslich

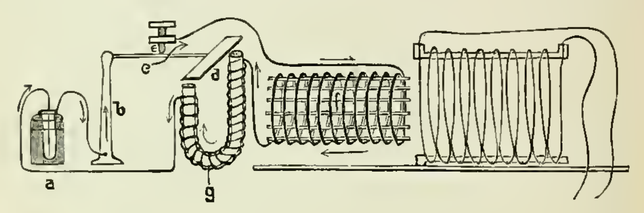


Fig. 11. Dubois-Reymond'scher Schlitten.

für medicinische Zwecke benutzt wird, ist der Dubois-Reymond'sche Schlitten, welcher folgende Construction hat:

Der in dem Elemente a (s. Fig. 11) erzeugte Strom gelangt zuerst in einen Metallständer b. An diesem befindet sich eine Metallfeder c, welche an ihrem Ende einen weichen Anker d trägt. Von dem Metallständer b aus geht der Strom in eine die Metallfeder c eng berührende Contactschraube e, läuft von hier aus durch die Windungen der primären Spirale f hindurch, umkreist dann einen weichen Eisenkern g, um dann zu dem stromerzeugenden Elemente zurück zu gelangen. In dem Augenblicke, in welchen der weiche Eisenkern g von dem Strome umflossen wird, wird er magnetisch und zieht den über ihn befindlichen Anker d an. Hierdurch wird der Contact zwischen der Metallfeder c und der Schraube e gelöst und der Strom unterbrochen. In Folge dieser Unter-

brechung verliert aber der weiche Eisenkern g seinen Magnetismus, die Anziehung des Ankers d hört auf, die elastische Metallfeder c schnellt sammt dem Anker wieder in die Höhe und stellt durch Berührung mit der Schraube e den Stromesschluss wieder her. Hierdurch wird der weiche Eisenkern wieder magnetisch und das Spiel beginnt von Neuem. Das abwechselnde Anziehen und Abgestossenwerden des Ankers macht sich durch das bekannte brummende Geräusch des faradischen Stromes bemerklich. In Folge dieser rasch entstehenden Oeffnungen und Schliessungen des primären Stromes wird in der secundären Spirale fortwährend ein Oeffnungs- und Schliessungsinduktionsstrom erzeugt, welcher durch Drähte aus derselben abgeleitet werden kann. Dieser Induktionsstrom ist um so stärker, je grösser die Stromkraft des den primären Strom erzeugenden Elementes ist, jemehr Unterbrechungen des primären Stromes in der Zeiteinheit gemacht werden und je näher die secundäre Spirale an die primäre herangebracht wird, am stärsten also, wenn die beiden Spiralen sich vollkommen decken. Der Abstand beider Spiralen von einander, welcher auf einer am Boden des Schlittens angebrachten Skala abgelesen werden kann, dient als Massstab für die Stärke des Induktionsstromes.

In der primären Rolle ist gewöhnlich noch ein langer weicher Eisenkern angebracht. Dieser wird durch jede Schliessung des primären Stromes magnetisch und verliert durch jede Oeffnung des Stromes wieder seinen Magnetismus, er wird daher jedes Mal, wenn er magnetisch wird und seinen Magnetismus wieder verliert, in der secundären Spirale einen Induktionsstrom erzeugen, da derselben auf diese Weise fortwährend ein Magnet genähert und wieder entfernt wird.

Von der Wirksamkeit dieses Magneten kann man sich leicht überzeugen, indem man den weichen Eisenkern aus der primären Spirale herausnimmt, wodurch der Induktionsstrom bedeutend abgeschwächt wird.

Da die durch Oeffnung und Schliessung des primären Stromkreises in der secundären Spirale erzeugten Induktionsströme immer einander entgegengesetzt sind, so wird die Richtung des Induktionsstromes in jedem Augenblicke wechseln und man wird daher in Bezug auf den faradischen Strom eigentlich nicht von einem feststehenden negativen und positiven Pole sprechen können. Jedoch ist eine Differenzirung der beiden Pole doch bis zu einem gewissen Grade möglich und zwar aus folgendem Grunde:

Der durch die primäre Spirale kreisende Strom wirkt nicht nur inducirend auf die Windungen in der secundären Spirale, sondern es wirken die Windungen der primären Spirale auch inducirend auf einander ein. Auf diese Weise entsteht in der primären Spirale ebenfalls ein Induktionsstrom, welchen man den Extrastrom nennt. (Der öfters gebrauchte Name „primärer Strom“ ist wegen der Verwechselung mit dem primären Stromkreise nicht zu empfehlen.) Dieser Extrastrom ist nun dem bei der Schliessung des primären Stromkreises in der secundären Spirale entstehenden Induktionsstrome entgegengesetzt gerichtet und wird ihn bedeutend abschwächen; dem Oeffnungsinduktionsstrom hingegen ist er gleich gerichtet und wird ihn bedeutend verstärken.

Die Abschwächung des Schliessungsstromes ist eine so grosse, dass derselbe fast gar nicht in Betracht kommt und man unter dem Induktionsstrom eigentlich nur den durch die Oeffnung des primären Strömens entstehenden Oeffnungsstrom zu verstehen hat. Weil dieser Oeffnungsstrom natürlich nur eine Richtung hat, so kann man in dem Sinne, dass man den Schliessungsstrom ganz verlässigt, von differenten Polen des faradischen Stromes sprechen. Von der Richtigkeit des eben gesagten kann man sich leicht überzeugen, wenn man durch Niederschrauben der Metallfeder am Neef'schen Hammer diesen ganz ausschaltet und die Oeffnungen und Schliessungen des primären Stromes mit der Hand vornimmt, am besten

indem man einen Schliessungsdraht des Elementes aus der Klemme herauszieht und wieder in dieselbe hineinführt. Die den Ableitungsdraht der secundären Spirale haltende Person wird bei dem Oeffnen des primären Stromes einen kräftigen Schlag verspüren, bei der Schliessung desselben hingegen sowie gar keinen.

Zur Erzeugung des primären Stromes dient meistens das oben beschriebene Grenet'sche Element, wenn nicht der Induktionsapparat auch von den constanten Elementen der Batterie betrieben wird.

In Bezug auf die Messungen in der Stärke des faradischen Stromes wurde oben schon erwähnt, dass dieselbe durch den Abstand der primären von der secundären Spirale bestimmt wird. Die hierdurch gewonnenen Zahlen beziehen sich jedoch immer nur auf den betreffenden Apparat, mit welchen sie bestimmt worden sind, und dürfen nicht gleich grossen Rollenabständen anderer Apparate gleich gesetzt werden. Wenn man also findet, dass ein Nerv bei einem gewissen Rollenabstand seine Minimalzuckung zeigt, so wird man nicht erwarten dürfen, dass derselbe Nerv, mit einem anderen Schlitten untersucht, ebenfalls genau bei demselben Rollenabstand minimal reagirt. Die Verschiedenheiten in der Stromstärke verschiedener Schlitten, welche von mehreren Dingen abhängt (s. o.), ist oft eine sehr grosse, und ein absolutes Masssystem, wie man es für den galvanischen Strom in dem Galvanometer besitzt, existirt bis jetzt für den faradischen Strom noch nicht. Das neuerdings von Edelmann in München construirte Faradimeter, welches als Messinstrument für faradische Ströme dienen soll, ist zwar ungemein ingeniös erfunden, aber doch zu complicirt, um Gemeingut der praktischen Aerzte werden zu können.

Galvanische Batterie und Induktionsapparat bilden die Hauptbestandtheile eines jeden elektrischen Instrumentariums. Zur Vervollständigung desselben gehören nun noch eine Anzahl von sogenannten Nebenapparaten, welche unentbehrlich sind für einen elektrischen Tisch,

der auf wissenschaftliche Exactheit Anspruch machen will. Ein derartiger Tisch muss daher enthalten:

I. Galvanische Batterie.
II. Induktionsapparat.
III. Nebenapparate:
  1) Elementenzähler.
  2) Stromwähler.
  3) Stromwender.
  4) Galvanometer.
  5) Rheostat.

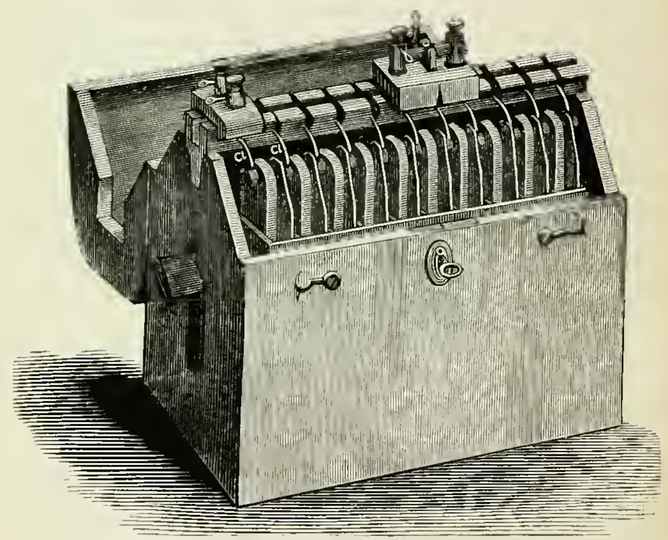


Fig. 12.

Diese fünf Nebenapparate sollen nun in Bezug auf ihre Construction und ihre Anwendung näher besprochen werden.

1) Der Elementenzähler dient dazu die nöthige Anzahl von Elementen der galvanischen Batterie ein- und wieder auszuschalten, also den Strom zu verstärken und zu schwächen.

An der Stöhrer'schen Batterie wird der Elementenzähler gebildet von dem sogenannten Schlitten. Die Elemente der Batterie, aus Zink und Kohle bestehend, sind in zwei gegenüberstehenden Reihen aufgestellt. Je ein Zink und eine Kohle sind miteinander metallisch verbunden und von einem jeden solchen Plattenpaar geht ein Metallstab ab, mit welchem dasselbe in einer Holzleiste befestigt ist, die die beiden Reihen von den Elementen trennt (s. Fig. 12, a). Das erste Zink der einen Reihe und die gegenüberstehende Kohle der andern Reihe sind miteinander metallisch leitend verbunden. Die erwähnten, von jedem Plattenpaar abgehenden Metallstäbe enden in der Holzleiste blind, springen aber in derselben vor. Der Strom läuft von dem Zink des ersten Glases zur Kohle des zweiten, durch die Säure des zweiten zur Kohle des zweiten, gelangt von hier aus in das Zink des dritten Glases u. s. w. Hierbei wird natürlich stets in dem Metallstab, an welchem die Plattenpaare in der Holzleiste aufgehangen sind, ein Strom in die Höhe laufen, welcher jedoch, weil die Metallstäbe in der Holzleiste blind enden, keinen weiteren Ausweg findet.

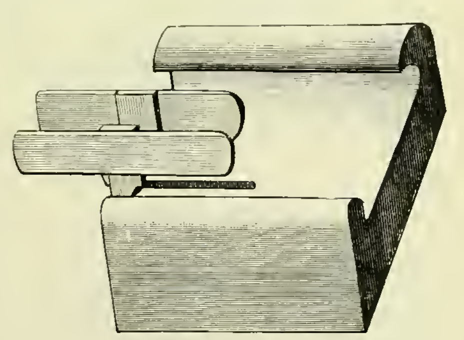


Fig. 13. Stöhrer'scher Elementenzähler (untere Ansicht). Nach Zech.

An den in der Holzleiste vorspringenden Theilen der Metallstäbe schleift nun ein Schlitten, ein viereckiges Holzstück, an dessen unterer Fläche sich zwei biegsame Metallfedern befinden (s. Fig. 13), von denen eine jede mit je einem metallischen Contact auf der

oberen Seite des Schlittens in Verbindung steht. Jede Feder berührt auf je einer Seite einer Holzleiste die dort vorspringenden Theile der Metallstäbe und der Schlitten kann der Länge nach auf der ganzen Holzleiste verschoben werden. Sowie nun der Schlitten irgendwo zwei gegenüberliegende vorspringende Theile der Metallstäbe berührt, wird die in dem Metallstabe in die Höhe laufende Stromschleife in der metallischen Feder an der unteren Fläche des Schlittens eine Fortleitung finden, der Strom wird durch den mit der Feder in Verbindung stehenden metallischen Contact an die Oberfläche des Schlittens gelangen und kann von hier aus nach Belieben weiter geleitet werden. Er kehrt dann wieder in den anderen Contact auf der Oberfläche des Schlittens zurück, läuft von hier aus nach der Metallfeder, von dieser aus in den gerade von ihr berührten Metallstab und gelangt durch die Elemente nach dem ersten zurück. Man hat daher immer soviel Elemente in den Stromkreis eingeschaltet als hinter dem Schlitten befindlich sind.

Der Schlittenapparat als Elementenzähler hat neben dem Vorzug sehr handlich zu sein, doch auch seine Nachtheile. Abgesehen davon, dass immer eine ganz intakte Berührung zwischen den Metallfedern des Schlittens und den Metallstäben der Plattenpaare bestehen muss, welche oft durch Staub und Verbiegen der Federn gehindert wird, besteht sein Nachtheil hauptsächlich darin, dass durch ihn der Strom nur von zwei zu zwei Elementen verstärkt werden kann, weil stets die Metallstäbe von zwei gegenüberliegenden Plattenpaaren von den Metallfedern des Schlittens berührt werden müssen. Ausserdem erfolgt die Einschaltung der Elemente nicht ohne einen gewissen Sprung, welcher durch das Vorbeigleiten der Metallfedern an den Metallstäben erzeugt wird und von empfindlichen Personen bereits als eine Stromesunterbrechung empfunden werden kann.

Eine zweite Art des Elementenzählers ist die mittelst Kurbeldrehung, wie sie namentlich an den Hirschmann'schen

Apparaten verwendet wird. Das Schema eines solchen Kurbelelementenzählers ist aus Figur 14 ersichtlich. Auf einer Platte (siehe Fig. 14) sind Metall-Contacte entsprechend der Anzahl der Elemente im Kreise angeordnet und zwar führt zu jedem dieser Contacte eine Leitung, welche zwischen dem Zinkpol des einen und dem Kohlenpol des benachbarten Elementes abgeht. Der Zinkpol des ersten Elementes ist mit dem Contact 0, und der Kohlenpol des letzten Elementes mit dem letzten Contacte verbunden. In der Mitte der Contacte befindet sich eine drehbare Kurbel, welche über dieselben hinweggleitet

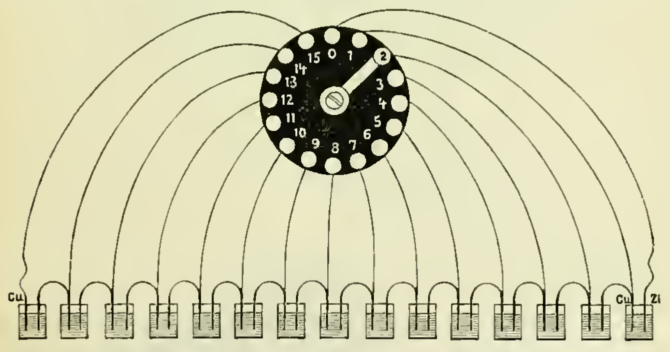


Fig. 14. Schema eines Kurbelelementenzählers.

und an der Stelle, wo sie einen derselben berührt, mit diesem eine metallische Verbindung herstellt, so dass durch die Kurbel der Strom aus der Anzahl von Elementen, welche durch den von der Kurbel berührten Contact angezeigt wird, hindurch geht und weiter geleitet werden kann.

2. Der Stromwähler ist ein sehr bequemer Apparat, welcher es ermöglicht, von einem einzigen Klemmenpaare aus nach Belieben sowohl faradischen als galvanischen Strom abzuleiten.

Er besteht aus zwei an einem Querbalken befestigten Messingstäben, deren Enden auf 4 Metallknöpfen ver-

schoben werden können, und zwar so, dass entweder Knopf 1 und 3 (s. Fig. 15) oder Knopf 2 und 4 (s. Fig. 16) gleichzeitig berührt werden. Knopf 2 und 4 stehen mit der galvanischen Batterie, Knopf 1 und 3 mit dem Induktionsapparate in Verbindung, so dass auf diese Weise

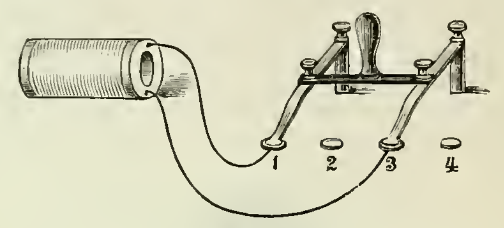


Fig. 15. Einfacher Stromwähler (faradischer Strom).

durch Verschieben der beiden Messingstäbe leicht die beiden Stromesarten gewechselt werden können.

Eine andere Art von Stromwähler ist der von de Watteville (s. Fig. 17) construirte, welcher es ermöglicht,

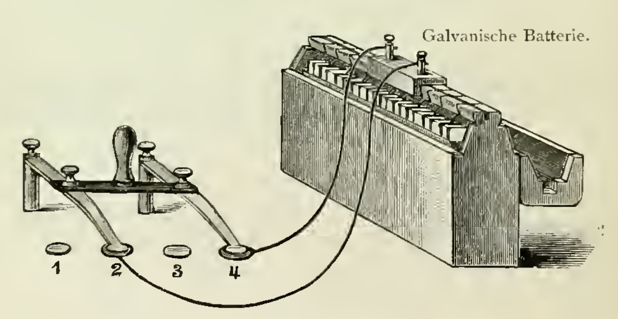


Fig. 16. Einfacher Stromwähler (galvanischer Strom).

aus einem einzigen Klemmenpaar sowohl galvanischen und faradischen, als auch galvano-faradischen Strom, also die beiden Stromesarten combinirt, abzuleiten. Die Construction der beiden verschiebbaren Messingstäbe ist dieselbe wie bei dem erst erwähnten Stromwähler, nur sind

dieselben nicht auf vier Knöpfen, sondern auf zwei Metallklötzen und einem zwischen ihnen liegenden Knopfe ver-

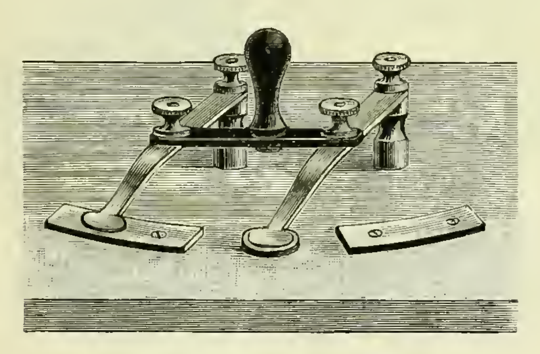


Fig. 17. Stromwähler nach de Watteville.

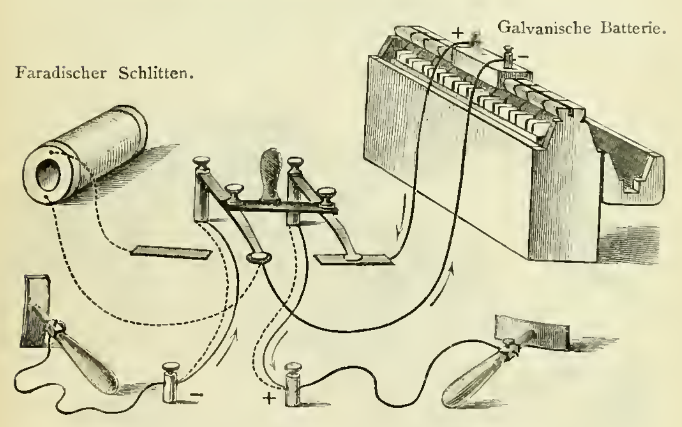


Fig. 18. Stromwähler nach de Watteville für galvanischen Strom eingestellt (faradischer Strom punktirt).

schiebbar. Das Nähere ergiebt sich aus den Figuren 18, 19 und 20.

3. Der Stromwender. Sowohl für die Zwecke der Therapie, als auch namentlich für die Diagnostik ist es

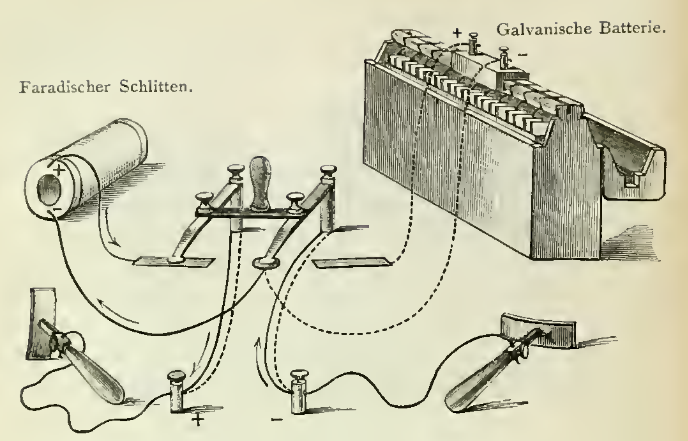


Fig. 19. Stromwähler nach de Watteville für faradischen Strom eingestellt (galvanischer Strom punktirt).

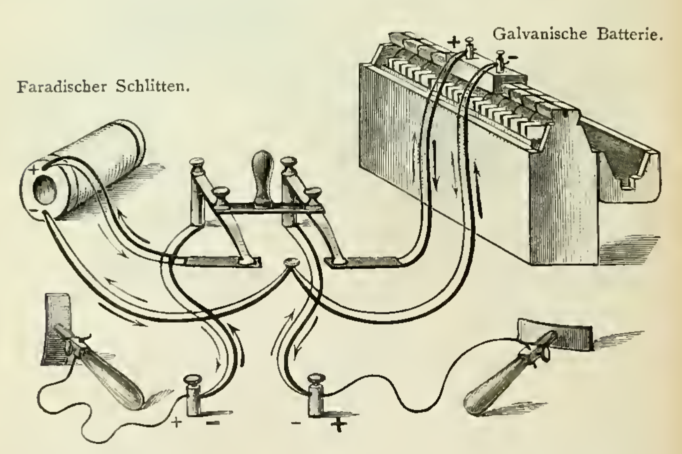


Fig. 20. Stromwähler nach de Watteville für beide Stromesarten eingestellt (galvano-faradischer Strom). Faradischer Strom schwache Linie, galvanischer Strom starke Linie.

dringend nothwendig, dass man bei Gebrauch des galvanischen Stromes die an dem menschlichen Körper angebrachten Pole rasch wechseln, d. h. dass man die Kathode

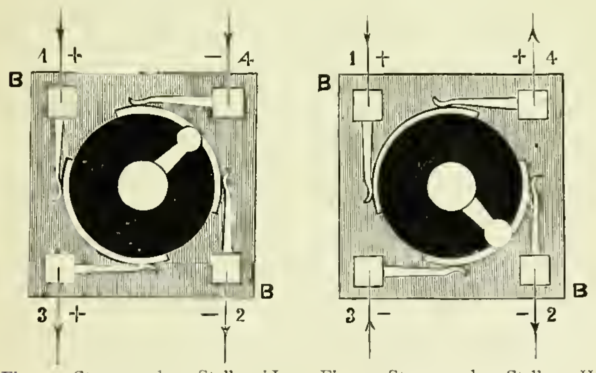


Fig. 21. Stromwender. Stellung I. Fig. 22. Stromwender. Stellung II.

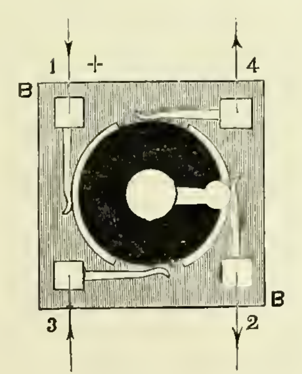


Fig. 23. Stromwender. Stellung III.

rasch zur Anode machen kann und umgekehrt. Man könnte dies zwar durch Vertauschung der Schnüre in den Metallklemmen erreichen, es würde jedoch hierdurch, abgesehen von der Unbequemlichkeit des Verfahrens,

regelmässig eine Stromöffnung entstehen. welche auf den Untersuchten unangenehm wirken könnte.

Man nimmt daher diese Stromeswendung innerhalb des metallischen Stromkreises vor, und bedient sich hierzu des Stromwenders. Dieser besteht aus einer Platte von Hartkautschuk, welche mittelst einer Kurbel auf ihrer Unterlage drehbar ist (s. Fig. 21). An ihrem Rande befinden sich zwei Messingscheiben, welche nicht vollkommen den Umfang der Platte bedecken, sondern zwischen sich zwei Oeffnungen frei lassen. An die Kautschukplatte reichen vier Metallstäbe heran, welche, je nachdem man die Platte dreht, verschiedene Theile der Peripherie derselben berühren. Diese Metallstäbe stehen in Verbindung mit vier Contacten, durch welche die Zu- und Ableitung des Stromes von und zum Stromwender vermittelt wird. Contact 1 und 2 sind immer mit der Batterie verbunden (in den Figuren mit B bezeichnet), Contact 3 und 4 mit dem Körper. Bei Stellung I (Fig. 21) wird der Strom von Contact 1 aus durch den zuleitenden Metallstab nach der Metallperipherie der Kautschukplatte gelangen und ist dann gezwungen, da nach der oberen Seite hin der nicht leitende Kautschuk liegt, nach unten hin zu fliessen, wo er den Metallstab des Contactes 3 findet, durch welchen er in diesen Contact gelangt und in den Körper weiter geht. Contact 1 und 3 sind also die Eintrittsstellen des Stromes in den Körper oder die Anoden. Der Strom durchläuft nun den Körper, gelangt in den Contact 4, von diesem aus in den Contact 2 und gelangt in die Batterie zurück. Die Contacte 4 und 2 sind also Kathoden. Dreht man nun die Kautschukplatte so, dass sie die Stellung II einnimmt (Fig. 22), so wird der wiederum in den Contact 1 eintretende Strom gezwungen sein, sich mit Contact 4 zu verbinden, und 1 und 4 sind jetzt Anoden. Der in den Contact 3 als Kathode aus dem Körper zurückkehrende Strom muss nun in den Contact 2 übergehen, um von hier aus in die Batterie zurückzugelangen, so dass nunmehr Contact 2

und 3 zu Kathoden geworden sind. Man kann also, ohne die Elektroden von der Stelle, wo sie den Körper berühren, abzunehmen, jede Elektrode durch Drehungen des Stromwenders rasch zur Anode oder Kathode machen. Der Stromwender hat aber neben der Aufgabe, die Pole rasch zu wechseln, auch noch die Function, den Strom zu öffnen und zu schliessen, wie man dies namentlich bei diagnostischen Untersuchungen, aber auch zu therapeutischen Zwecken öfters vornehmen muss. Dreht man nämlich die Kautschukplatte in die Stellung III (Fig. 23), so werden zwei der von den vier Contacten ausgehenden Federn die Kautschukplatte direkt berühren. Die Folge davon wird sein, dass der Strom, welcher in Contact 1 als Anode eintritt, zwar auf die Metallperipherie gelangt, aber nach beiden Seiten keine Fortleitung findet, weil nach jeder Seite hin das nicht von Metall bedeckte Stück der Kautschukplatte isolirend wirkt. Der Strom ist auf diese Weise geöffnet, und wird wieder geschlossen, wenn man die Platte in die Stellungen I oder II bringt.

Da nun die beiden am Körper befestigten Elektroden abwechselnd Anode und Kathode werden, so kann man durch Drehen der Kautschukplatte eine Oeffnung oder eine Schliessung an der Kathode, oder eine solche an der Anode vornehmen, je nachdem man aus Stellung I oder Stellung II in Stellung III dreht, oder man kann von der Anode auf die Kathode und umgekehrt wenden, je nachdem man aus Stellung I in Stellung II, oder aus Stellung II in Stellung I dreht.

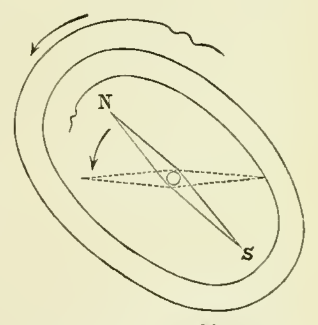


Fig. 24. Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom.

4. Das Galvanometer ist ein unentbehrliches Hilfsmittel für jede elektrische Untersuchung und Behandlung, weil es die Stärke des

Stromes anzeigt. Es beruht auf der bekannten physikalischen Thatsache, dass eine Magnetnadel, um welche ein galvanischer Strom herumläuft, aus ihrer Meridianstellung abgelenkt wird und einen bestimmten Ausschlag erzeugt (s. Fig. 24). Die Richtung nach welcher der Nadelausschlag erfolgt, wird bestimmt durch die bekannte Ampèresche Regel: Denkt man sich in den Strom hineingelegt, so dass derselbe zu den Füssen ein-, und am Kopf wieder austritt, wobei das Gesicht der Nadel zugewandt ist, so wird der Nordpol der Nadel nach links abgetrieben.

Die Ablenkung der Nadel ist das Produkt aus der Ablenkung derselben durch den galvanischen Strom und der Wirkung des Erdmagnetismus, welcher die Nadel wieder in ihre alte Stellung zurückzuziehen sucht. Ausserdem wirkt, wenigstens in Bezug auf die gleich zu besprechenden Verticalgalvanometer, auch noch die Reibung, welche die Nadel bei ihrer Drehung auf ihrem Zapfenlager erleidet, hemmend auf den Nadelausschlag ein und zwar natürlich um so stärker, je grösser der Nadelausschlag wird. Um die Wirkung des Erdmagnetismus, welcher die Nadel in der dem galvanischen Strom entgegengesetzten Richtung zu drehen sucht, möglichst abzuschwächen, bedient man sich eines sogenannten astatischen Nadelpaares: d. h. man legt zwei gleich grosse Magnetnadeln in der Entfernung von einigen Centimetern übereinander und zwar so, dass sich ihre entgegengesetzten Pole berühren, also Nordpol auf Südpol und umgekehrt (s. Fig. 25). Ausserdem schwingt die eine Nadel innerhalb, die andere ausserhalb der Windungen des umkreisenden galvanischen Stromes. Der Erdmagnetismus

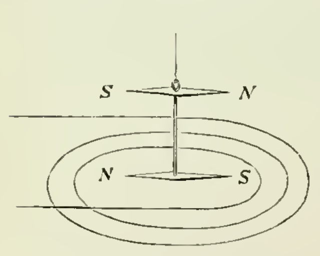


Fig. 25. Astatisches Nadelpaar.
Nach Pierson-Sperling.

lenkt die beiden Nadeln mit ihren Nordpolen in entgegengesetzter Richtung ab, so dass seine Wirkung nahezu aufgehoben wird, ohne indessen vollständig beseitigt werden zu können. Zu seiner absoluten Aufhebung müsste nämlich die Bedingung erfüllt werden können, dass beide Nadeln gleich stark magnetisch werden und absolut parallel stehen, was in Wirklichkeit nicht erreicht werden kann.

Die Nadelablenkung wird eine um so grössere sein, je stärker der die Nadel umkreisende galvanische Strom ist, d. h. je mehr Windungen um die Nadeln herum gelegt werden. Indessen wachsen Stromstärke und Ablenkungswinkel der Nadel nicht in demselben Verhältniss, sondern dem Zuwachs der Stromstärke entspricht nur die Tangente resp. der Sinus des Ablenkungswinkels, je nachdem man Tangenten- oder Sinus-Boussolen verwendet.

Man unterscheidet Horizontal- und Vertical-Galvanometer, je nachdem die Nadel horizontal oder vertical befestigt ist. Die Horizontalgalvanometer sind bedeutend exacter, weil bei ihnen die Wirkung des Erdmagnetismus so gut wie aufgehoben wird. Sie haben ausserdem noch den Vortheil, dass man bei ihnen die Nadel an einem dünnen Coconfaden aufhängen kann, wodurch man die Reibungen fast gänzlich vermeidet. Zu wissenschaftlichen Zwecken ist daher ein horizontales Galvanometer absolut unentbehrlich. Andererseits haben die Horizontalgalvanometer den Nachtheil, sehr theuer zu sein, und müssen ausserdem sehr vorsichtig behandelt werden. Für die Zwecke des praktischen Arztes, welcher vor allem ein Maass für die Stromstärke haben will, reichen die billigeren und nicht so schonungsbedürftigen Verticalgalvanometer völlig aus.

Das Galvanometer zeigt, wie schon erwähnt, die Stromstärke an. Um diese messen zu können, bedarf man vor allem einer Maasseinheit: man muss im Stande sein, ebenso wie man einem Kranken eine bestimmte Anzahl von Grammen einer Arznei zuführt, auch eine bestimmte Maasseinheit Elektricität zu Heilzwecken zu

verwenden, oder in der Diagnostik die Wirkung eines Stromes durch eine gewisse Anzahl Maasseinheiten auszudrücken. Die auf dem in Paris im Jahre 1881 abgehaltenen internationalen elektrischen Congresse geschaffene elektrische Maasseinheit ist das Milliampère, welches auf folgende Weise zu Stande gekommen ist:

Nach dem ersten Ohm'schen Gesetze lautet die Formel für die Stromstärke:

$$J = \frac{E}{W},$$

d. h. die Stromstärke ist der elektromotorischen Kraft des stromerzeugenden Elementes direkt, hingegen umgekehrt proportional den Widerständen, welche der Strom in seinem Verlaufe vorfindet. Man hat nun sowohl für die elektromotorische Kraft, als auch für den Widerstand sich Maasseinheiten construirt, und zwar nahm man als Einheit der elektromotorischen Kraft diejenige eines Elementes von Daniell an, welche man zu Ehren des Physikers Volta ein Volt nannte, als Einheit des Widerstandes dagegen eine Quecksilbersäule von 106 cm Länge und 1 qcm Querschnitt und nannte dies ein Ohm. Nunmehr lautet die obige Formel:

$$J = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}}$$

und diesem Quotienten gab man den Namen Ampère, also:

$$1 \text{ Ampère} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}}.$$

Da sich aber herausstellte, dass dieses Ampère für medicinische Zwecke eine zu grosse Menge Elektricität darstellte, so nahm man als Maasseinheit nur den tausendsten Theil desselben an, so dass die endgiltige Formel lautet:

$$\frac{1 \text{ Ampère}}{1000} = \frac{1 \text{ Volt}}{1000 \text{ Ohm}},$$

welchen Quotienten man allgemein ein Milliampère (M. A.) nennt.

Nach diesem M. A. sind jetzt alle Galvanometer geaicht (absolute Galvanometer), während früher die Aichung der Scala rein empirisch in gleiche Theile eines Kreisbogens erfolgte und daher sehr ungenau war.

Mit dem Galvanometer müssen Ströme in der verschiedensten Stärke gemessen werden können. Da nun für stärkere Ströme die dünnen Drahtwindungen nicht Stand halten und man ausserdem für hohe Stromstärken eine sehr grosse Scala gebrauchen würde, so muss ein

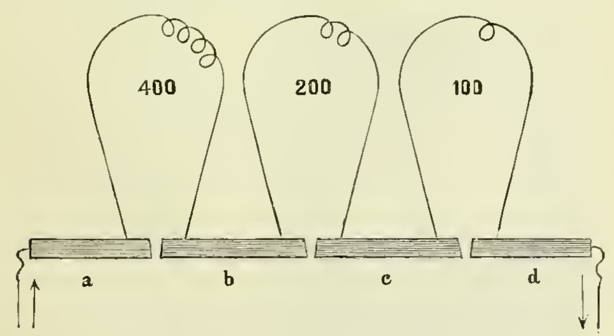


Fig. 26. Stöhrer'sches Galvanometer (schematisch).
Alle Windungen eingeschaltet.

gutes Galvanometer in seiner Empfindlichkeit abgestuft werden können, d. h. man muss im Stande sein, auf einer Scala, welche z. B. nur von 0—5 M. A. graduirt ist, Ströme bis zu 50 M. A. ablesen zu können, ohne dass die Anzahl der Windungen des die Nadel umkreisenden galvanischen Stromes eine bestimmte Höhe überschreitet. Man erreicht dies, indem man einzelne Theile der Windungen in Nebenschliessungen einschaltet, was meistens durch sogenannte Stöpslungen geschieht.

An den Stöhrer'schen Galvanometern hat die Stöpslung folgende Construction (s. Fig. 26 u. 27): Die vier Metall-

klötze a, b, c, d besitzen an den einander zugekehrten Seiten je eine halbkreisförmige Oeffnung. Mit jedem dieser vier Klötze ist ein Theil der Windungen des Galvanometers in der Weise verbunden, wie sie die Fig. 26 und 27 zeigen, und zwar sind mit a und b 400, mit b und c 200, mit c und d 100 Windungen im Contact. Der Strom, welcher bei a eintritt, durchläuft 400 Windungen, gelangt dann in den Klotz b, durchläuft 200 Windungen u. s. w., bis er nach Passirung sämmtlicher 700 Windungen bei d wieder austritt. Steckt man nun zwischen Klotz a und b einen Metallstöpsel in der Weise hinein,

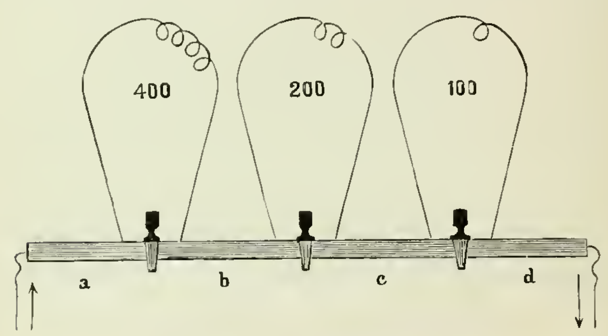


Fig. 27. Stöhrer'sches Galvanometer (schematisch).
Alle Windungen ausgeschaltet.

dass er den Zwischenraum zwischen den beiden Klötzen ganz ausfüllt, wie Figur 27 zeigt, so hat der in a ankommende Strom zwei Wege: entweder kann er wie oben die 400 Windungen durchlaufen und dann in den Klotz b gelangen, oder er kann durch den gutleitenden Metallstöpsel direct nach b laufen. Da nun nach weiter unten noch zu besprechenden Gesetzen die Stromstärke sich immer umgekehrt verhält wie der Widerstand des Stromleiters, der ganz geringe Widerstand des Metallstöpsels aber gegenüber dem hohen Widerstande der 400 Galvanometerwindungen verschwindend ist, so wird der Strom

fast ausschliesslich von a aus direct durch den Metallstöpsel nach b fliessen und die Galvanometerwindungen werden nur einen so minimalen Bruchtheil des Stromes erhalten, dass man denselben vernachlässigen kann. Man kann also durch Einschaltung der Stöpsel eine Anzahl von Windungen aus- und durch Ausschalten der Stöpsel einschalten, und hat es auf diese Weise in der Hand, die Empfindlichkeit des Galvanometers nach Belieben abzustufen. An jedem Galvanometer ist nun die Einrichtung getroffen, dass für eine bestimmte Anzahl von Windungen die Nadelausschläge absolute Einheiten von M. A. bedeuten. An den Stöhrer'schen Galvanometern z. B. wird eine derartige Ablesung nach Einschaltung von 400 Windungen ermöglicht. Werden nur 200 Windungen eingeschaltet, so wird der Nadelausschlag um die Hälfte kleiner sein als bei 400 Windungen, während bei 100 Windungen derselbe sich um das Vierfache vermindern wird, und man muss daher bei Einschaltung von 200 und 100 Windungen den erhaltenen Nadelausschlag mit 2, resp. mit 4 multipliciren, um absolute M. A. zu erhalten. Auf diese Weise hat man nur eine kleine Scala nothwendig. Reicht dieselbe z. B. von 0—5 M. A. und lässt sich das Instrument um das 10- resp. 100fache seiner Empfindlichkeit abstufen, so wird man mit dieser Scala von 0 bis 500 messen können. Für die Verticalgalvanometer kommt aber auch ein anderer Vorzug dazu. Ge-

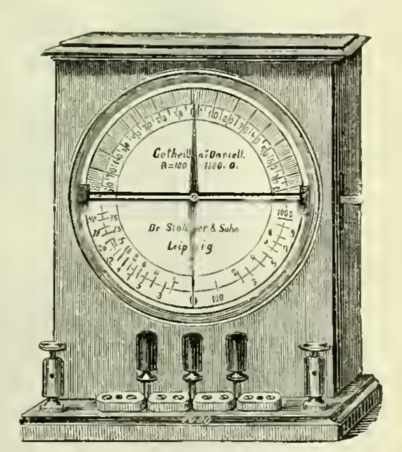


Fig. 28. Stöhrer'sches Galvanometer.

wöhnlich haben nämlich diese Instrumente den Fehler, dass die Nadel sehr lange schwingt, bis sie wieder zur Ruhelage kommt, eine Erscheinung, welche man als schlechte Dämpfung der Nadel bezeichnet. Diese lange Schwingungsdauer wird um so grösser sein, je mehr Win-

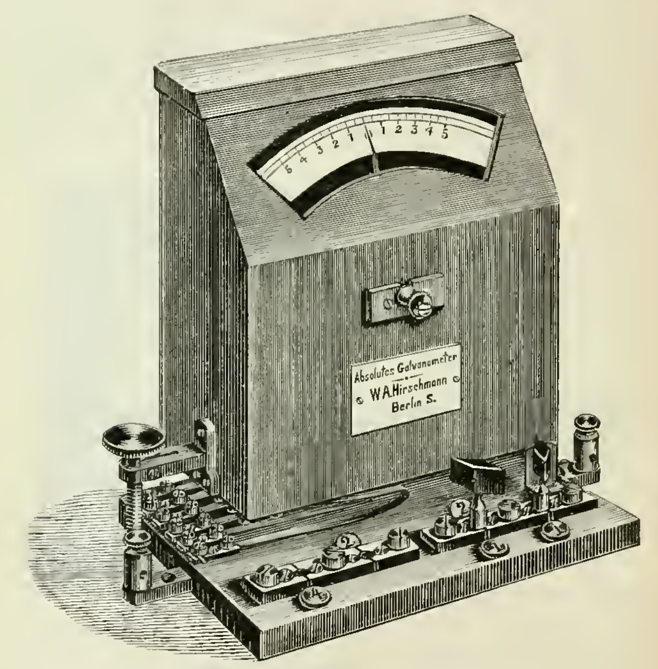


Fig. 29. Hirschmann'sches Galvanometer.

dungen um die Nadel herumgehen, je grösser der Nadelausschlag ist. Da dies lange Hinundherschwanken der Nadel besonders für die Diagnostik grosse Nachtheile hat, so kann man dies vermeiden, indem man höhere Stromstärken mit wenigen Windungen misst.

Man schaltet z. B. bei einem Stöhrer'schen Galvano-

meter nur 100 Windungen ein, und multiplicirt den erhaltenen Nadelausschlag, welcher vielleicht 2,5 M. A. betragen wird, mit 4. Die Nadel wird sich hierbei viel rascher einstellen, als wenn bei 400 Windungen der Scalentheil 10 hätte erreicht werden müssen. Fig. 28 stellt ein Stöhrer'sches, Fig. 29 ein Hirschmann'sches Galvanometer dar.



Fig. 30. Glockenmagnet nach Edelmann.

Einer besonderen Erwähnung bedarf wegen seiner Vorzüglichkeit das Edelmann'sche Einheitsgalvanometer. Der Magnet dieses Instrumentes besitzt die Form einer Glocke (s. Fig. 30) und ist umgeben von einer Kupferhülse. Durch den Magnetismus dieses Glockenmagneten wird in der Kupferhülse ein Strom erzeugt, welcher den schwingenden Magneten zurückwirft, und auf diese

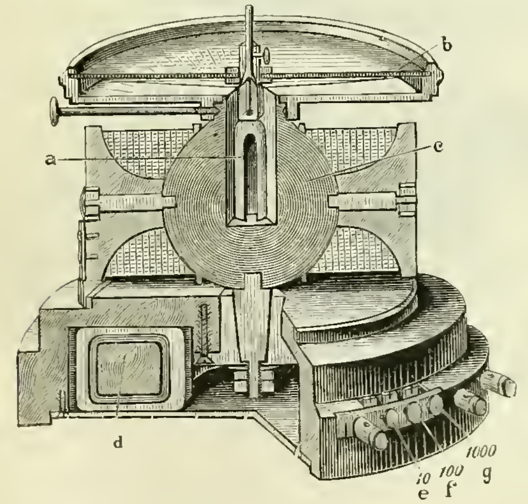


Fig. 31. Edelmann'scher Einheitsgalvanometer. Durchschnitt. Nach Edelmann.

Weise die Dämpfung des Instrumentes zu einer ganz vorzüglichen macht (aperiodisches Galvanometer).

Der an einem feinen Coconfaden aufgehangene Glockenmagnet a trägt an seinem oberen Ende einen Metallzeiger b, welcher sich auf einer Scala bewegt und somit die Schwingungen des Magneten ablesbar macht (s. Fig. 31). Um die Kupferhülse herum laufen die Galvanometerwindungen c, auf dem Boden des Instrumentes liegen die Widerstandsrollen d, durch deren Ein- oder Ausschaltung, welche mittelst Schrauben e, f, g vorgenommen werden können, die Empfindlichkeit des Instrumentes vermehrt oder vermindert werden kann. Das Instrument ist so eingerichtet, dass man durch Anziehen der beiden erwähnten Schrauben nur den 10., 100., oder 1000. Theil des Stromes durch die Galvanometerwindungen hindurchgehen lassen kann. Auf der von 0—1,5 M. A. reichenden Scala lässt sich also ein Strom im Maximum bis zu 1500 M. A. messen, während, da die Scala zwischen 0 und 1 M. A. noch in Zehntel und Hundertstel getheilt ist, auch Ströme im Minimum von 0,001 abgelesen werden können. Zu exakten wissenschaftlichen Messungen ist das Edelmann'sche Galvanometer wegen seiner Genauigkeit unentbehrlich, seiner Einführung zum Gebrauch der praktischen Aerzte steht seine grosse Empfindlichkeit gegen eine nicht ganz sachgemässe Behandlung, sowie sein hoher Preis entgegen.

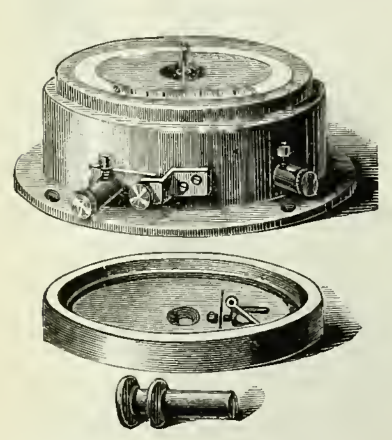


Fig. 32. Edelmann'sches Taschengalvanometer. Büchse mit Deckel. Nach Edelmann.

Das Edelmann'sche Galvanometer wird auch unter Beibehaltung der Construction in einer transportablen Form hergestellt (s. Fig. 32), so dass es überall mitgenommen

werden kann. Erwähnung verdienen noch die neuerdings von Hirschmann eingeführten Horizontalgalvanometer, wie sie Fig. 33 zeigt. Dieselben sind leicht transportabel und besitzen ebenfalls eine sehr gute Dämpfung dadurch, dass die Magnetnadel in einer Flüssigkeit schwimmt, und bei jeder Bewegung den Widerstand des Wassers zu über-

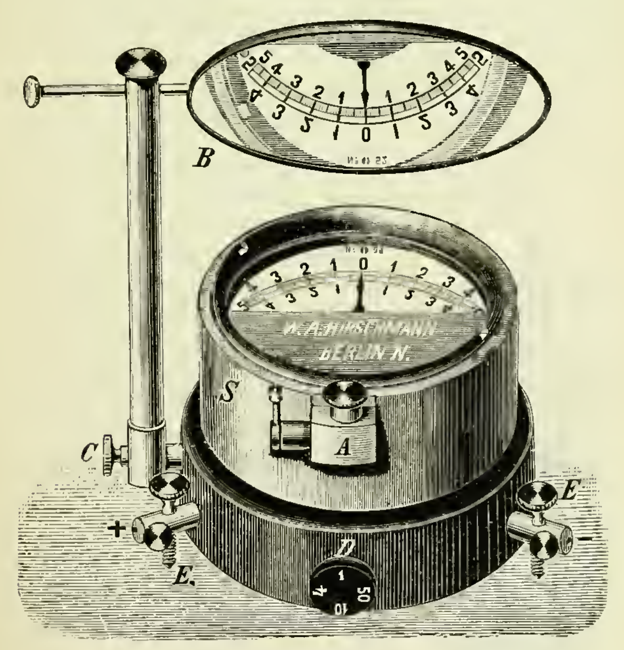


Fig. 33. Neues Hirschmann'sches Horizontalgalvanometer.

winden hat. Die Ablesung kann entweder auf der Scala direct oder auf einem vertikal über ihr stehenden Spiegel vorgenommen werden.

5. Der Rheostat dient dazu, durch Einschaltung von Widerständen in den Stromkreis die Stromstärke zu reguliren. Die Verstärkung resp. Verminderung des den Körper

durchlaufenden Stromes ist zwar auch möglich mit Hülfe des oben beschriebenen Elementenzählers, indem man mehr oder weniger Elemente in den Stromkreis einschaltet, erfolgt aber, namentlich wenn es sich um geringe Veränderungen der Stromstärke handelt, viel genauer und vor allen Dingen in einer für den untersuchten resp. behandelten Patienten viel angenehmeren Weise mit Hülfe des Rheostaten. Die Stromstärke ist, wie schon einmal erwähnt, stets umgekehrt proportional dem Widerstande, welchen der Strom in seinem Verlaufe findet: wächst also der Widerstand im metallischen Stromkreise durch Einschaltung des Rheostaten R (Fig. 34), so vermindert sich die Stärke des den Menschen (K, Fig. 34) durchlaufenden Stromes und umgekehrt. Mittelst des Rheostaten lässt sich also der Widerstand im metallischen Stromkreise und damit auch die Stromstärke im durchflossenen menschlichen Körper variiren. Man unterscheidet Flüssigkeits- und Metallrheostaten.

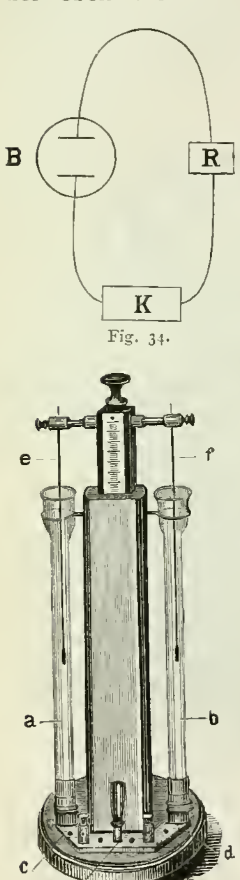


Fig. 34.

Fig. 35. Flüssigkeitsrheostat.

Ein Flüssigkeitsrheostat ist z. B. der von Stöhrer construirte. In die Glasröhren a und b (s. Fig. 35) wird durch die Metallstücke c und d der Strom hinein- und wieder herausgeleitet. In den beiden Röhren sind zwei an einem gemeinsamen Querbalken befestigte Metallstäbchen e, f verschieblich. Die Glasröhren selber werden mit salpetersaurem Quecksilber gefüllt. Der in den Rheostaten

bei c eintretende Strom wird durch die Flüssigkeit laufen bis zu dem Punkte, wo das Stäbchen e eintaucht und dann in diesem weiterlaufen. Er gelangt dann durch den Querstab in das Stäbchen f und durch den Rest der Flüssigkeit in dem Röhrchen b nach d und geht von hier aus weiter. Zieht man nun die Stäbchen e und f weiter aus den Glasröhrchen a und b heraus, so verlängert man auf diese Weise den Weg, welchen der Strom in der Röhre c bis zum Beginn des Stäbchens zu machen hat, und ebenso in der Röhre b den Weg vom Ende der Stange f bis zu d. Da aber der Widerstand mit der Länge des Leiters zunimmt, so wird man durch das Herausziehen der Stäbchen eine Vermehrung des Widerstandes erzielen, durch Hineinschieben derselben eine Verminderung, und kann hierdurch die Stromstärke im durchflossenen Körper vermindern oder vermehren. Das Instrument kann durch einen Stöpsel g nach Belieben in den Stromkreis ein- und wieder ausgeschaltet werden. Der Widerstand, welcher durch dasselbe eingeschaltet werden kann, schwankt zwischen 125 Ohm, wenn die Metallstäbchen vollkommen hineingeschoben, und 3000 Ohm, wenn dieselben vollkommen herausgezogen sind.

Die Flüssigkeitsrheostaten, von denen es noch eine ganze Anzahl giebt, sind sehr bequem zu handhaben und auch billiger im Preise, haben aber den Fehler, dass sie nicht constant sind. Es wird nämlich die Flüssigkeit in den offenstehenden Röhren allmählich verdunsten, wodurch die Flüssigkeit selber immer concentrirter wird. Ausserdem wird die Flüssigkeit durch den Strom allmählich zersetzt. Der Widerstand, welchen der Rheostat darbietet, wird daher mit der Zeit sich vermindern. Immerhin reicht für die Zwecke des praktischen Arztes ein solcher Flüssigkeitsrheostat vollkommen aus. Zu Messungen, für welche der Widerstand immer constant bleiben muss, sind jedoch die Flüssigkeitsrheostaten nicht zu gebrauchen und nur Metallrheostaten verwendbar.

In den Metallrheostaten besteht der einzuschaltende

Widerstand aus Metall. Während man früher fast ausschliesslich dünne Kupferdrähte gebrauchte, verwendet man jetzt meistens Nickelin, eine Mischung von Nickel und Silber, welche ausserordentlich constant ist.

Diese Nickelindrähte werden auf Spulen gewunden, jede Spule stellt, je nach der Länge des auf ihr befindlichen Drahtes, eine bestimmte Anzahl Ohm dar. Alle Spulen sind nebeneinander aufgereiht, jede ist mit einem über ihr liegenden Metallklotz leitend verbunden, wie es Fig. 36 zeigt. Die Einschaltung erfolgt ebenso wie an den Galvanometern durch Stöpslungen. Steckt z. B. ein Stöpsel d zwischen den Spulen a und b, so wird der bei c

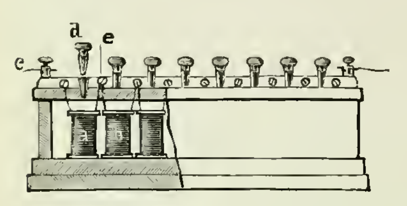


Fig. 36. Metallrheostat (Durchschnitt). Nach Ziemssen.

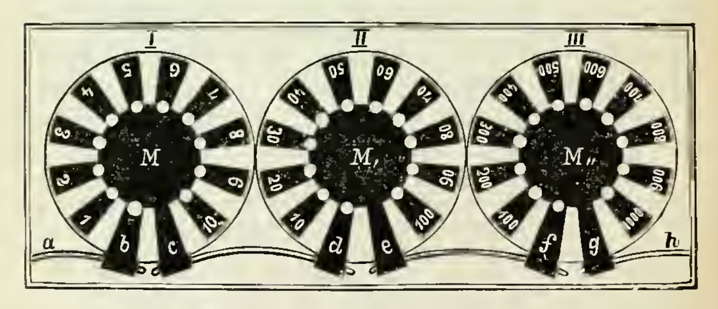


Fig. 37. Metallrheostat (obere Ansicht). Nach Ziemssen.

eintretende Strom direkt nach dem Metallklotz e laufen, und die Widerstandsrolle a so gut wie nicht passiren; schaltet man hingegen den Stöpsel d aus, so ist der Strom gezwungen, zuerst die Widerstandsrolle a zu durchlaufen und dann erst wieder zu e zu gelangen. Von oben gesehen wird daher ein derartiger Metallrheostat

ein Bild geben, wie es Figur 37 zeigt: b, c; d, e; f, g sind für jeden Widerstandskreis die zu- resp. ableitenden Metallstücke, M, M_1, M_2 Messingplatten mit halbkreisförmigen Ausschnitten zur Aufnahme der Stöpsel.

Neuerdings hat man die Stöpselrheostaten als unbequem aufgegeben und gebraucht zur Einschaltung der Widerstände eine Kurbeldrehung, wie sie schon oben als Elementenzähler beschrieben wurde. Einen derartigen Kurbelrheostaten (nach Hirschmann) zeigt Figur 38.

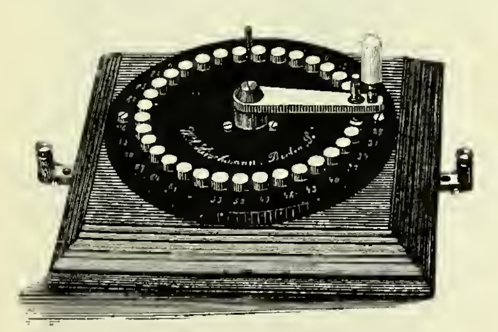


Fig. 38. Hirschmann'scher Kurbelrheostat.

Für die Einwirkungen des Rheostaten auf die dem Körper durchfliessende Stromstärke ist zu berücksichtigen, ob der Rheostat in Haupt- oder in Nebenschliessung steht. Befindet er sich in Hauptschliessung (s. Fig. 39), so wird, wie schon erwähnt, mit Vergrösserung der Widerstände im Rheostaten die Stromstärke im Körper abnehmen, mit Verkleinerung dieser Widerstände zunehmen. Anders hingegen verhält es sich, wenn der Rheostat in Nebenschliessung steht (s. Fig. 40). Es sind nämlich auch in verzweigten Strömen die Stromstärken in den einzelnen Stromzweigen umgekehrt proportional den Widerständen in denselben. Wenn nun zwischen die von der Batterie B aus- resp. zu ihr zurückkehrenden Leitungen a b und c d (s. Fig. 40) die Nebenschliessung a' b'

mit dem Rheostaten R eingeschaltet ist, so wird mit Zunahme der Widerstände in der Nebenschliessung a′ b′ der Widerstand in der Hauptleitung a K c abnehmen und der Strom in K daher stärker werden, umgekehrt wird mit Abnahme der Widerstände in der Nebenschliessung der Widerstand in der Hauptschliessung zunehmen, also der Strom im Körper stärker werden. Ist daher der Rheostat in eine Nebenschliessung eingeschaltet, so gilt als Gesetz: Hohen Widerständen im Rheostaten entsprechen auch hohe Stromstärken im Körper und umgekehrt.

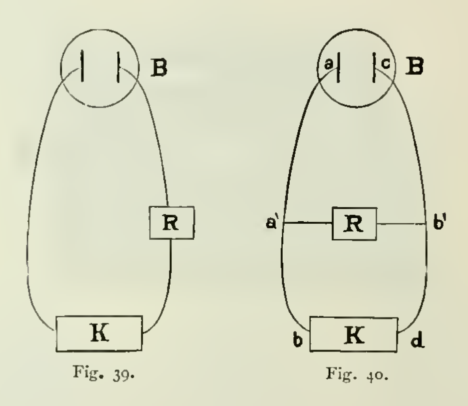


Fig. 39. Fig. 40.

Hiermit wäre die Besprechung sämmtlicher auf einem elektrischen Tische befindlichen Apparate beendigt. Um das Verhältniss zwischen galvanischer Batterie und Induktionsapparat einerseits und Nebenapparaten andererseits näher zu erläutern, ist in Tafel 2 der Stromverlauf auf einem von Stöhrer verfertigten elektrischen Tische dargestellt.

Selbstverständlich sind die Anordnungen eines solchen Tisches ausserordentlich verschieden, und jeder Instrumentenmacher hat wieder seine besonderen Eigenthümlichkeiten. Die Vorzüge und Nachtheile eines jeden Apparates gegen einander abzuwägen, verbietet hier der

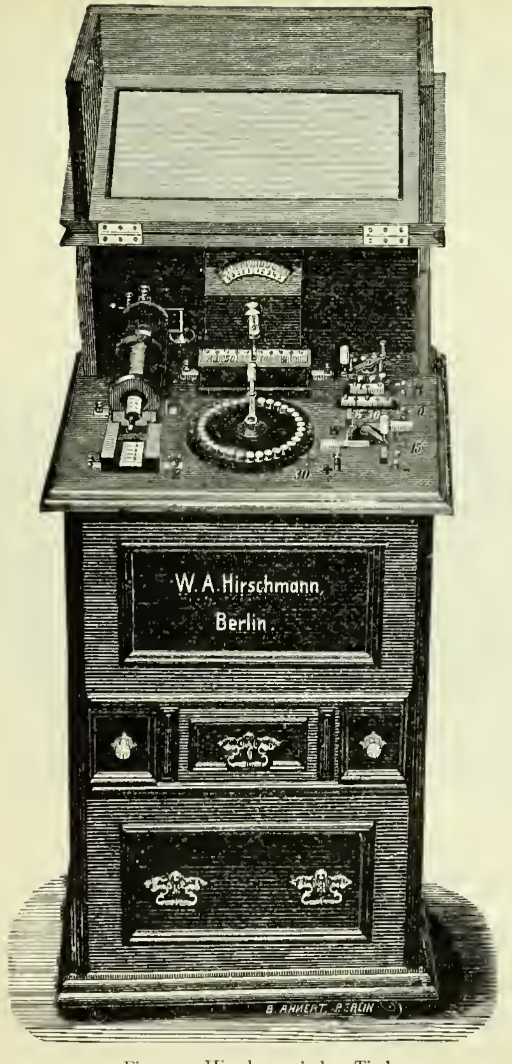


Fig. 41. Hirschmann'scher Tisch.
Preis: 30 Elem. 365 Mark. 40 Elem. 395 Mark. 50 Elem. 425 Mark.

Raum. Um aber einen Begriff von dem Aussehen eines solchen Tisches zu geben, ist in Figur 41 ein Hirschmann'scher, in Figur 42 ein Stöhrer'scher Tisch abgebildet.

Noch bedarf der Erwähnung eine erst in der neuesten Zeit in Aufnahme gekommene Stromquelle für einen elektrischen Apparat. Man hat nämlich versucht, sich

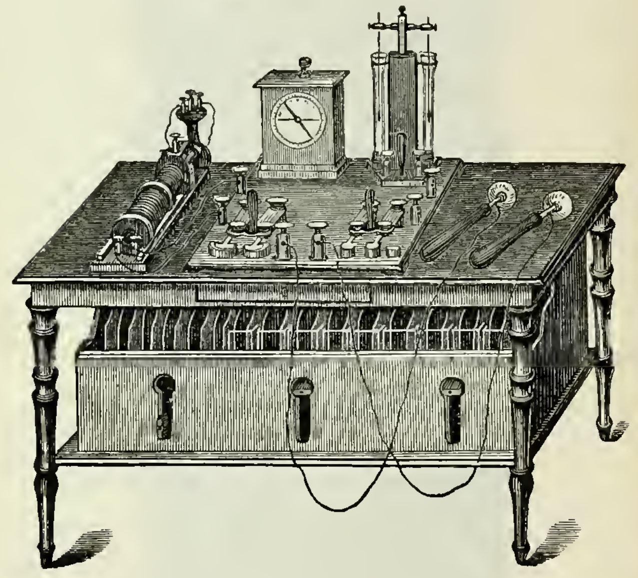


Fig. 42. Stöhrer'scher Tisch. [Preis 30 Elem. 300 Mark. 40 Elem. 320 Mark.

von Elementen unabhängig zu machen, und die in allen grösseren Städten vorhandene, zu Beleuchtungszwecken dienende Elektricitätsquelle auch zum Betriebe von medicinischen elektrischen Apparaten zu verwenden. Hirschmann in Berlin stellt bereits derartige Anschlüsse her. Selbstredend besitzt der zur Beleuchtung dienende elektrische Strom eine viel zu hohe Spannung (100—110 Volt) und muss daher zum Zwecke der ärztlichen Benutzung

durch Einschaltung von Widerständen abgeschwächt werden. Ein auf diese Art entstandener Strom, welcher sowohl die galvanische Batterie, als auch den Induktionsapparat versorgt, hat vor allen Dingen den Vorzug der absoluten Constanz und der grössten Bequemlichkeit. Ihren Nachtheil dagegen hat die Einrichtung in dem noch sehr hohen Preise.

Da der Arzt sehr häufig in die Lage kommt, einen

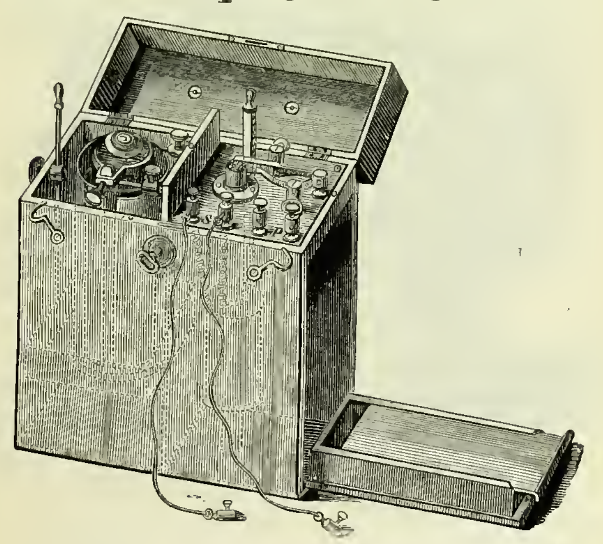


Fig. 43. Stöhrer'scher transportabler Induktionsapparat. Preis 55 Mark.

Kranken in dessen Wohnung behandeln zu müssen, so sind hierfür die transportablen Apparate erfunden worden. Diese bestehen aus einem Holzkasten, welcher entweder nur eine galvanische Batterie oder einen Induktionsstrom, oder aber am zweckmässigsten die beiden vereinigt enthält. Da die galvanischen Apparate meistens weder Rheostaten noch Galvanometer besitzen, und ausserdem, wenigstens bei den Doppelapparaten, die Batterie, um den

Apparat nicht zu schwer zu machen, nicht mehr als 20 Elemente enthält, so sind die transportablen Apparate natürlich nicht so bequem und exact, wie die grossen elektrischen Tische (s. Fig. 43, 44 und 45).

Zur Applikation des Stromes am menschlichen Körper dienen zunächst die Leitungsschnüre, meistens Kupfer-

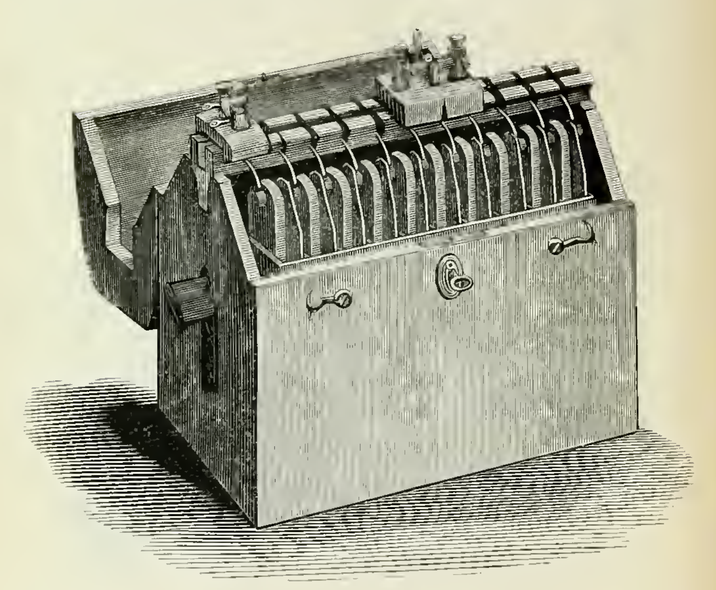


Fig. 44. Stöhrer'sche transportable galvanische Batterie.
Preis: 10 Elem. 68 Mark. 20 Elem. 95 Mark. 30 Elem. 125 Mark).

drähte, welche zur Isolirung mit Seide umsponnen oder von Kautschuk umgeben sind. An ihnen befestigt sind die Rheophore oder Elektroden. Diese haben je nach ihrem Zwecke und nach der Stelle des Körpers, an welcher sie angewendet werden sollen, die verschiedensten Formen. Man unterscheidet im Allgemeinen zwischen Plattenelektroden und Knopfelektroden. Erstere bestehen aus

Zinkblech, welches zur besseren Festhaltung der Flüssigkeit zuerst mit Badeschwamm und dann mit Leinwand überzogen ist. Diese Plattenelektroden haben die verschiedenste Form und können entweder eckig oder rund

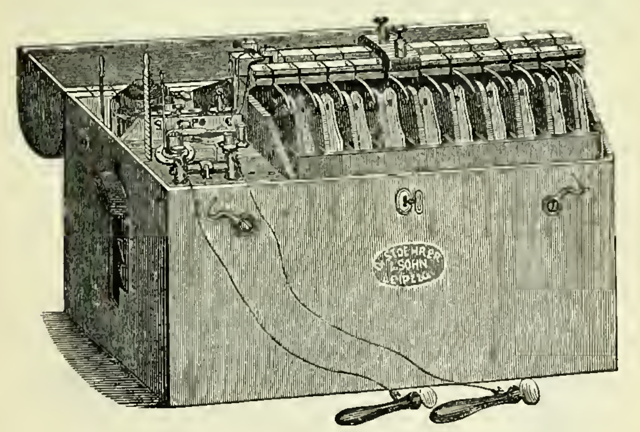


Fig. 45. Stöhrer'scher transportabler Doppelapparat.
Preis: 20 Elemente 140 Mark. 30 Elemente 180 Mark.

sein. Eine eckige Platte von 10 qcm nennt man die Erb'sche, eine runde von ca. 3 qcm bezeichnet man als Stintzing'sche Normalelektrode. Eine besondere Platten-



Fig. 46. Grosse Kopfschwammelektrode (Durchschnitt).

elektrode stellt die zur Behandlung des Kopfes dienende dar, welche aus sehr biegsamem Zinkblech besteht, so dass sie jeder beliebigen Kopfform angepasst werden kann, und an Stelle der Leinwand mit einer Schicht dicken

Badeschwammes überzogen ist (Figur 46). Die Knopfelektroden bestehen aus Metallknöpfen von verschiedenster Grösse, welche mit einer Schwammkappe überzogen sind (s. Fig. 47 und 48). Alle Elektroden werden an einen isolirenden Holzgriff angeschraubt. Sehr zweckmässig sind

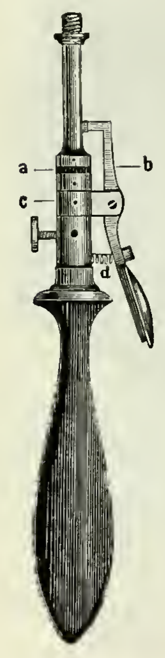


Fig. 49. Unterbrechungselektrode.

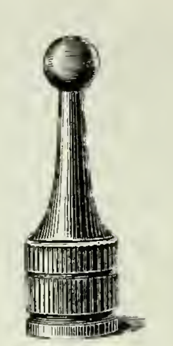


Fig. 47. Knopfelektrode unüberzogen.

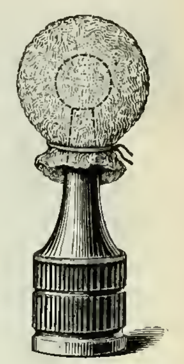


Fig. 48. Knopfelektrode überzogen.

die sogenannten Unterbrechungselektroden (Fig. 49), mit welchen man den Strom öffnen und schliessen kann. Die Elektrode ist bei a (s. Fig. 49) durch einen isolirenden Kautschukring in zwei Theile getheilt, b ist ein Metallstab, welcher mittelst des Ringes c mit dem unteren Theil metallisch verbunden, in der Ruhelage auf dem oberen Theil aufliegt, durch die Feder d aber von demselben entfernt werden kann. Der zunächst in die untere Hälfte eintretende Strom gelangt, weil der Kautschukring sein Fortlaufen hindert, auf dem Umwege durch den Metallstab b in die obere Hälfte der Elektrode und in die auf derselben angeschraubte Platte: der Strom ist geschlossen. Entfernt man jedoch den

Metallstab b mittelst Niederdrückens der Feder d von den oberen Theile der Elektrode, so ist der Strom geöffnet.

Die besonderen Elektroden zur Behandlung bestimmter Organe werden in der Elektrotherapie beschrieben werden.

Es erübrigt noch, kurz auf die Methoden der Polbestimmungen für den galvanischen Strom näher einzugehen. An den elektrischen Tischen sind die Pole vorher bestimmt und an den Endklemmen mit + und — bezeichnet. Es ist indessen doch von Werth, die Richtigkeit dieser Leitung nachprüfen zu können. Man kann diese Prüfung auf folgende Weise vornehmen:

1. Wenn im Stromwender die Kurbel auf N steht (Normal), so entsprechen die Vorzeichen an den Endklemmen den betreffenden Polen, steht sie auf W (Wechsel), so gelten die umgekehrten Vorzeichen.

2. Anode und Kathode üben auf den Menschen verschiedene Wirkungen aus. Setzt man die beiden Elektroden auf die Wangen, so wird man auf der Anodenseite einen saueren, auf der Kathodenseite gar keinen Geschmack verspüren.

Macht man an einem Nerven Schliessungszuckungen, so überwiegt die Kathodenschliessungszuckung ganz bedeutend über die Anodenschliessungszuckung.

3. Versetzt man Stärkekleister mit Jodkali und hält die Poldrähte hinein, so tritt durch Zersetzung des Jodes an der Anode eine intensive Blaufärbung ein. Man kann sich die Ausscheidung des Jodes an der Anode leicht mit folgender Mnemotechnik merken:

Jod. Kal.
pos. negat.

4. Hält man die Poldrähte auf nasses blaues Lakmuspapier, so tritt an der Anode eine Roth-, an der Kathode eine Blaufärbung ein, ebenfalls leicht zu merken:

Positiv Negativ
Roth Blau.

Für den faradischen Strom ist eine Polprüfung nur möglich, wenn man lediglich den Oeffnungsstrom in's Auge fasst und den Schliessungsstrom ganz vernachlässigt. Am Oeffnungsstrom unterscheiden sich Anode und Kathode dadurch, dass die Kathode auf der Haut eine viel stärkere Schmerzempfindung hervorruft als die Anode. Man kann die Prüfung ausserdem noch vornehmen, indem man den primären Strom dauernd schliesst, die Enden der sekundären Spirale in eine Lösung von Stärkekleister und Jodkali eintaucht und den Strom wieder öffnet: an der Anode tritt dann eine Blaufärbung ein.

Die Ohm'schen Gesetze.

Die Ohm'schen Gesetze bilden die physikalische Grundlage der ganzen Elektrodiagnostik und Elektrotherapie und bedürfen daher noch einer Erwähnung.

1. Die Stärke oder Intensität eines Stromes (J) ist immer direkt proportional der elektromotorischen Kraft (E) des den Strom erzeugenden Elementes:

$$J = E.$$

2. Die Stromstärke wird aber in erheblicher Weise verändert durch den Widerstand (W), welchen der Strom in seinem Verlaufe erleidet, und zwar ist die Stromstärke umgekehrt proportional dem Widerstande. Die obige Formel muss also lauten:

$$J = \frac{E}{W}.$$

Der Strom findet einen Widerstand nicht nur in den Schliessungsbogen, sondern auch in dem Elemente selber. Man nennt den Widerstand des Elementes den wesentlichen (w), im Gegensatze zu dem ausserwesentlichen Widerstande im Schliessungsbogen (W). Es muss also die Formel ganz genau lauten:

$$J = \frac{E}{W + w}$$

Für medicinische Zwecke kommt aber dem sehr grossen ausserwesentlichen Widerstande gegenüber, welchen der menschliche Körper darbietet (siehe nächstes Kapitel), der wesentliche Widerstand gar nicht in Betracht und kann daher vernachlässigt werden.

3. Die Grösse des Widerstandes ist eine verschiedene, je nach Qualität und Form des Leiters. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass der Widerstand eines Leiters umgekehrt proportional ist dem Querschnitt und direkt proportional der Länge desselben. Ein kurzer Draht mit sehr grossem Querschnitt wird also einen kleinen, ein langer Draht mit geringem Querschnitt einen sehr grossen Widerstand haben.

Die Wichtigkeit des Widerstandes, welchen der menschliche Körper dem Strome darbietet, ist eine so grosse, dass derselbe in einem besonderen Kapitel behandelt werden muss.

Der Leitungswiderstand.

Schliesst man die Polenden einer galvanischen Batterie durch zwei mit warmem Wasser angefeuchtete gleichgrosse Plattenelektroden, welche man auf einander presst (sogenannter Kurzschluss), so wird man an einem Stöhrer'schen Apparate bei Einschaltung von 10 Elementen einen Nadelausschlag von 7 M. A. erhalten. Schaltet man aber zwischen die beiden wiederum mit warmem Wasser wohl durchfeuchteten Elektroden die Hand ein, indem man die eine auf den Handrücken, die andere in die Hohlhand setzt, so wird sich bei gleichbleibender Anzahl von zehn Elementen der Nadelausschlag auf 1 M. A. reduciren. Würde man die Elektroden vorher nicht mit warmem Wasser anfeuchten, sondern sie trocken auf Handrücken und Hohlhand aufsetzen, so würde ein Nadelausschlag überhaupt nicht erfolgen.

Hieraus ergiebt sich, dass der Widerstand, welchen der menschliche Körper dem Strome darbietet, ein so grosser ist, dass er ohne besondere Vorsichtsmassregeln

die Stromesintensität von 7 M. A. auf 0 M. A. reducirt, und dass er nach Durchfeuchtung der Elektroden immer noch den Nadelausschlag auf 1 M. A. herabdrückt.

In erster Linie hängt dieser grosse Widerstand des menschlichen Körpers von der Epidermis ab, welche an und für sich als nicht leitend betrachtet werden muss. Die Epidermis besitzt jedoch eine Anzahl von Lücken, vor allem die Ausführungsgänge der Schweiss- und Talgdrüsen sowie die Haarbälge, durch welche der Strom in die untenliegenden Gewebe und von da aus in die in der Tiefe gelegenen Organe eindringen kann. Normaler Weise ist jedoch die Epidermis fortwährend überzogen von zahlreichen Hornzellen, ihren Abscheidungsprodukten. Diese Hornzellen lagern sich vor die eben erwähnten Ausführungsgänge und verhindern so das Eindringen des Stromes in die Tiefe. Durch gründliche Durchfeuchtung der Haut sowohl als auch der Elektroden, welche vor jeder Anwendung des Stromes vorgenommen werden muss, gelingt es, diese Abscheidungsprodukte zu entfernen und dem Strom den Weg in die Tiefe zu bahnen.

Von der Zahl der die Epidermis durchbohrenden Ausführungsgänge der genannten Drüsen und der Haarbälge hängt die Leitungsfähigkeit der Haut und damit der Widerstand derselben ab. Daher erklärt es sich, dass der Widerstand der Haut an verschiedenen Stellen ein so verschiedener ist. Er wird am kleinsten da sein, wo die Haut durch viel Schweiss sich immer in feuchtem Zustande befindet, z. B. in der Achselhöhle, am grössten dort, wo die Haut am dicksten und am trockensten ist, z. B. an Handtellern und Fusssohlen. Ein und derselbe Strom wird daher an verschiedenen Körperstellen verschieden stark wirken, was für die Elektrotherapie von der grössten Wichtigkeit ist.

Der Widerstand verändert sich aber auch während der Applikation der Elektroden an ein und derselben Stelle.

Lässt man die Elektroden wohl durchfeuchtet auf irgend einer Hautstelle eine Zeit lang stehen, so wird

man beobachten, wie der Nadelausschlag allmählich zunimmt, bis er sein Maximum erreicht und sich nicht mehr verändert. Es kommt dies daher, dass wegen der zunehmenden Durchfeuchtung der Haut die Wege für den Strom immer zahlreicher und besser leitend werden, so dass der Widerstand allmählich abnimmt. Ausserdem kommt hierbei noch die auf der Haut eintretende Polarisation in Betracht, auf welche hier nicht näher eingegangen werden kann. Man spricht daher von einem relativen Widerstand bei Beginn der Stromeswirkung und von einem absoluten Widerstande, repräsentirt durch den Nadelausschlag, welcher sich nach längerer Applikation der Elektroden nicht mehr verändert.

Der Widerstand, welchen der Strom in den unter der Epidermis gelegenen Organen vorfindet, ist ein sehr geringer, da das Körperinnere eine mit Kochsalzlösung durchtränkte Masse darstellt, welche den Strom sehr gut leitet. So fand Jolly, während er den Gesammtwiderstand am Vorderarme mit 190.000 Widerstandseinheiten ermittelte, nach Entblössung der Haut von der Epidermis nur noch 640 Widerstandseinheiten.

Ueber die Grösse des Widerstandes der einzelnen Organe weiss man wegen der Schwierigkeit der Untersuchung noch wenig. Setzt man den Widerstand des Muskels = 1, so ist nach Eckhardt der Widerstand

der	Sehnen	= 1,8—2,5,
„	Nerven	= 1,9—2,4,
„	Knorpel	= 1,8—2,3,
„	Knochen	= 16—22.

Nach Ziemssen beträgt der Widerstand des Augapfels 2651,2 Siemens-Einheiten (früher gebrauchte Widerstandseinheit), der

eines	ebenso	grossen	Stückes	Gehirns	= 1693,3	S. E.
„	„	„	„	Muskels	= 6192	„ „
„	„	„	„	Leber	= 11592	„ „

Da aber alle diese Versuche an ausgeschnittenen Gewebstheilen angestellt wurden, so lassen sie keinen endgiltigen Schluss zu auf den Widerstand der lebenden Gewebe.

Gegenüber dem grossen Widerstande der Epidermis kommt auch die Länge des in den Strom eingeschalteten Stückes des menschlichen Körpers so gut wie gar nicht in Betracht. Setzt man eine Elektrode in den Nacken, eine zweite zuerst auf die Brust und dann auf die Waden, so wird die Differenz der Nadelausschläge in beiden Fällen eine ganz minimale sein, obwohl der längere Weg, welchen der Strom vom Nacken bis zu den Waden zurückzulegen hat, eigentlich den Widerstand erhöhen müsste. Die Differenz in den Nadelausschlägen beruht aber nur auf der Differenz des Widerstandes zwischen Epidermis, Brust und derjenigen des Nackens.

Alles bisher über den Widerstand des menschlichen Körpers Gesagte bezieht sich nur auf den galvanischen Strom. Für den faradischen Strom liegen die Verhältnisse anders. Da man es hier mit Strömen von ganz momentaner Dauer zu thun hat, so fällt vor allem die Polarisation auf der Haut fort, welche, wie oben erwähnt, für den galvanischen Strom grosse Bedeutung hat. Die Widerstandszahlen für den faradischen Strom sind daher — gleiche Elektrodengrössen vorausgesetzt — viel kleiner als für den galvanischen Strom. Selbstredend ist auch der faradische Widerstand abhängig von dem Feuchtigkeitsgrade der Haut und der Dicke derselben, so dass er an den Fusssohlen grösser ist als am Oberarme.

Ueber den Widerstand des Körpers gegen die statische Elektricität liegen noch keine Beobachtungen vor.

Die Stromdichtigkeit.

Bisher ist immer nur von der Stromstärke die Rede gewesen. Die Wirkung eines Stromes beruht aber neben der Stromstärke vor allem auch auf der Stromdichtigkeit. Man versteht unter Stromdichtigkeit das Verhältniss der

Stromstärke zum Querschnitte des durchflossenen Leiters und drückt dies Verhältniss aus in der Formel:

$$D = \frac{J}{Q},$$

d. h. die Stromdichtigkeit ist direkt proportional der Stromstärke, umgekehrt proportional dem Querschnitte des Leiters. Da man unter dem Querschnitte des Leiters den Querschnitt der betreffenden Elektrode zu verstehen hat, so kann man auch sagen: Die Stromdichtigkeit nimmt zu mit Verkleinerung, und nimmt ab mit Vergrösserung des Elektroden-Querschnittes.

Das Verhältniss zwischen Stromstärke und Stromdichtigkeit kann man sich sehr leicht folgendermassen vorstellen (Erb) (s. Fig. 50). Denkt man sich einen elektrischen Strom in eine Anzahl parallellaufender Fäden zerlegt, so stellt die Anzahl dieser Stromfäden die Stromstärke dar. Nimmt man nun an, dass z. B. 10 Fäden nebeneinander in einem Leiter von bestimmtem Querschnitt als Strom laufen und reduzirt den Querschnitt des Leiters auf die Hälfte, so werden sich die 10 Stromfäden auf eine halb so grosse Fläche zusammendrängen müssen, so dass die Stromdichte sich um das Doppelte vergrössert, während die Stromstärke, repräsentirt durch die Stromfäden, unverändert bleibt.

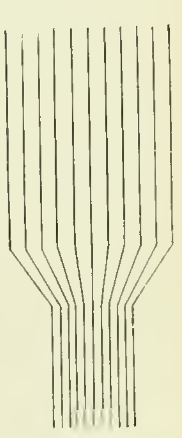


Fig. 50.

Da nun aber die Wirkung eines elektrischen Stromes wesentlich von der Dichtigkeit abhängt, mit welcher derselbe in den Körper eindringt, so wird man mit ein und derselben Stromstärke verschieden starke Wirkungen erzielen können, je nachdem man die Elektrode klein oder gross wählt.

Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass die Stromdichte

nicht gleichmässig mit der Vergrösserung des Elektroden-Querschnittes wächst. Hat man z. B. mit einem Strome bei einem Elektroden-Querschnitte von 5 qcm bei 5 M. A. eine Reizung erhalten, ist also:

$$D = \frac{5}{5} = 1,$$

so darf man nicht ohne weiteres erwarten, dass bei einem Elektroden-Querschnitte von 10 qcm und 10 M. A. die gleiche Intensität der Reizung erfolgen wird. Dieselbe wird sich vielmehr schon bei einem geringeren Nadelausschlage als 10 M. A. einstellen.

Vollkommen abgeschlossen ist die Untersuchung hierüber noch nicht. Nach neueren Forschungen ist es wahrscheinlich, dass die bei wachsender Elektrodenfläche zur Erzielung gleicher Reizwirkungen erforderliche Zunahme der Intensität ungefähr dem Wurzelwerthe des Factors entspricht, um welche man die Elektrode vergrössert hat (Mund). Hat man also mit einer Elektrode von 3 qcm und 1 M. A. eine Wirkung erzielt, so wird sich die gleiche Wirkung einstellen bei einer Elektrode von $3 \times 2^2 = 12$ qcm und 2 M. A., ferner bei $3 \times 3^2 = 27$ qcm und 3 M. A. u. s. w.

Aus den Gesetzen über die Stromdichtigkeit ergeben sich verschiedene, für die Anwendung des elektrischen Stromes sehr wichtige Thatsachen, welche den Uebergang zur Elektrodiagnostik bilden sollen.

Lässt man den Körper durch einen elektrischen Strom durchfliessen, so wird derselbe mit der der Stromstärke entsprechenden Anzahl von Stromfäden und der dem Elektrodenquerschnitt entsprechenden Dichtigkeit in den Körper eintreten, um alsbald nach allen Richtungen hin sich auszubreiten. Diese Ausbreitung erfolgt auf einer grösseren Fläche, als dem Elektrodenquerschnitt entspricht (s. Fig. 51). Hat die zuleitende Elektrode denselben Querschnitt wie die ableitende, so wird der Strom in derselben Dichtigkeit aus dem Körper wieder austreten, mit welcher er eingetreten ist. Man erhält auf diese

Weise eine tonnenartige Anordnung der Stromfäden, indem zwischen den Elektroden die Stromfäden eine mehr oder minder gerade Richtung haben, während sie sich nach oben und unten hin immer mehr krümmen müssen. Unmittelbar zwischen den Elektroden wird die Stromdichtigkeit und damit auch die Wirkung des Stromes am grössten sein, und ihr Maximum auf der geraden Verbindungslinie der beiden Elektroden erreichen, während

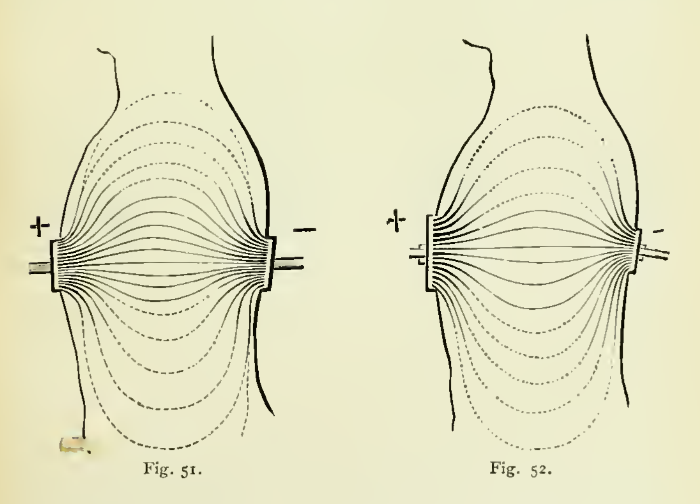


Fig. 51. Fig. 52.

nach oben und unten die Stromdichtigkeit stetig abnimmt und die Stromfäden unwirksam werden.

Nimmt man aber die Elektroden verschieden gross, z. B. die ableitende Elektrode um die Hälfte kleiner als die zuleitende, so wird die Anzahl von Stromfäden, mit welcher der Strom in den Körper eintritt, bei seinem Austritte sich auf den halben Querschnitt zusammendrängen müssen; unter der ableitenden Elektrode wird also die Stromdichtigkeit und damit die Wirkung des Stromes nochmal so gross sein, als unter der zuleitenden Elektrode (s. Fig. 52).

Hieraus folgt, dass man um Organe, welche entfernt von der Haut in der Tiefe liegen, wirksam vom Strome durchfliessen zu lassen, grosse Elektroden mit gleichem Querschnitte wählen muss, um auf diese Weise das betreffende Organ in die auf der Verbindungslinie der Elektroden gelegene grösste Stromdichtigkeit zu bringen (s. Fig. 53), während man um Gebilden, welche unmittelbar unter der Haut liegen, z. B. Nerven und Muskeln einen wirksamen Strom zuzuführen, Elektroden mit ungleichem Querschnitt wählen und die kleinere Elektrode auf die zu behandelnde Stelle aufsetzen muss, um auf diese die Stromdichtigkeit zu concentriren (s. Fig. 54). Von dieser letzteren Anwendungsform macht man in der Elektrodiagnostik regelmässig Gebrauch, wenn man einen Nerv oder Muskel auf seine Reaction hin prüfen will.

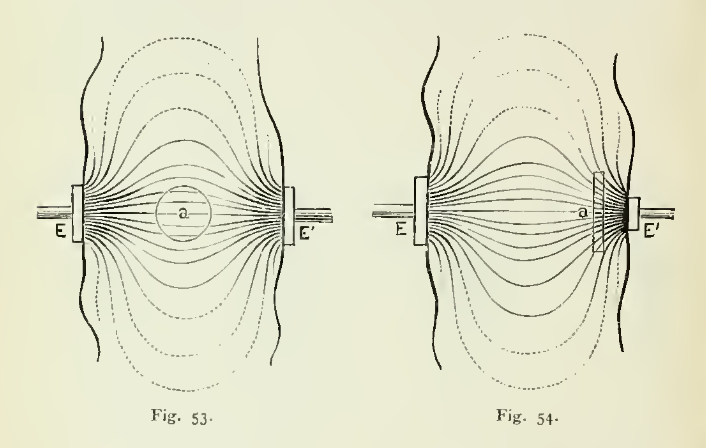


Fig. 53. Fig. 54.

Elektrodiagnostik.

Zum Verständniss der Elektrodiagnostik muss eine kurze Besprechung der Hauptsätze aus der Elektrophysiologie vorausgehen.

Wenn man einen mit seinem Muskel noch in Verbindung stehenden ausgeschnittenen Thiernerven in den Bereich eines elektrischen Stromes bringt und den Strom schliesst, so gehen in dem Nerven gewisse molekulare Veränderungen vor, welche man als Reizung bezeichnet. Diese Reizung äussert sich sichtbar an dem Muskel, welcher seine Form verändert, indem er sich zusammenzieht: der Muskel zuckt. Der Effect der Reizung eines motorischen Nerven ist also eine Muskelzuckung.

Diese Muskelzuckungen kann man aber auch mit Umgehung des Nerven erzielen, wenn man den Muskel selbst in den Bereich des Stromes bringt und den Strom schliesst. Auch in diesem Falle wird man eine Zuckung des Muskels erhalten.

Man nennt die erstere Methode, bei welcher man den Nerven reizt, die indirecte, die letztere Methode die directe Muskelreizung, so dass man den Muskel direct und indirect, den Nerven hingegen nur direct reizen kann. Die directe Nervenreizung fällt natürlich zusammen mit der indirecten Muskelreizung (I = II),

Nerv		Muskel
I. direct	⟶	I. direct
		II. indirect

so dass man nur eine directe Nerven- und eine directe Muskelreizung zu unterscheiden hat.

I. Nervenreizung.

Es sollen zunächst nur die rein motorischen resp. die gemischten Nerven besprochen werden.

Wenn man einen Nerven durch einen elektrischen Strom reizt, so wirken reizend nur die Stromesschwankungen, nicht die Stromesdauer (Dubois - Reymond) und zwar wirken die Stromesschwankungen um so intensiver, je steiler sie sind und je schneller sie in der Zeiteinheit auftreten. Es wird der Strom also nur reizend wirken, wenn er geschlossen (Schwankung von 0 bis zu einer gewissen Stromstärke) und wenn er geöffnet wird (Schwankung von der Stromstärke bis auf 0). Während des Durchlaufens des Stromes durch den Nerven wird eine Reizung hingegen nicht eintreten. Aus der Thatsache, dass steile Stromesschwankungen intensiver wirken als weniger steile, folgt, dass der faradische Strom im Allgemeinen stärker wirken muss als der galvanische, da ja die Induktionsströme einen ausserordentlich raschen Ablauf in der Zeiteinheit besitzen.

Das eben erwähnte Gesetz erleidet jedoch eine Ausnahme. Wird die Stromstärke sehr gross, so tritt auch während der Dauer des Stromes eine Reizung ein, nur ist dann auch die Form der Muskelcontraction verändert: es tritt ein sogenannter Tetanus auf: die Zuckungskurve bleibt eine Zeit auf ihrer Höhe und fällt dann langsam ab.

Fernerhin sind zu erwähnen die Gesetze des Elektrotonus. Jeder von einem elektrischen Strome durchflossene Nerv erleidet Veränderungen seiner Erregbarkeit (d.h. seiner Fähigkeit, auf chemische, thermische, mechanische u. s. w. Reize zu reagiren) in der Art, dass er an der Eintrittsstelle des Stromes, also an der Anode, in den Zustand einer herabgesetzten Erregbarkeit (Anelektrotonus), an der Austrittstelle, also an der Kathode, in den Zustand der

erhöhten Erregbarkeit (Katelektrotonus) geräht. Anelektrotonus und Katelektrotonus sind nicht beschränkt auf die Orte ihrer Entstehung, sondern breiten sich gleichmässig nach beiden Seiten hin aus und berühren sich in der Mitte der durchflossenen Strecke in dem sogenannten Indifferenzpunkte. Der Anelektrotonus entwickelt sich langsam, der Katelektrotonus rasch. Die Reizung des Nerven wird hervorgerufen durch das Entstehen des Anelektrotonus und durch das Verschwinden des Katelektrotonus. Nach dem Oeffnen des Stromes schlägt die Herabsetzung der Erregbarkeit an der Anode in eine Erhöhung der Erregbarkeit um, welche eine Zeit lang fortdauert, die Erhöhung der Erregbarkeit an der Kathode dagegen macht einer ganz kurz dauernden Herabsetzung der Erregbarkeit Platz, um dann wieder sich in eine Erhöhung derselben zu verwandeln. Nach Oeffnung des Stromes bleibt also an beiden Polen eine Erhöhung der Erregbarkeit zurück.

Die Reizung des Nerven findet nur an der Ein- und Austrittstelle des Stromes, also nur an den Polen statt, und zwar wird die Kathode nur durch die Schliessung des Stromes, die Anode nur durch die Oeffnung erregt. Es reagirt also der ausgeschnittene motorische Thiernerv bei Schliessung des Stromes nur mit KaSZ (Kathodenschliessungszuckung), bei Oeffnung des Stromes nur mit AnOZ (Anodenöffnungszuckung). Hierbei sind die Schliessungszuckungen regelmässig stärker als die Oeffnungszuckungen.

Auf dieser Grundlage hat Pflüger das Zuckungsgesetz des blosgelegten Thiernerv construirt. Er unterschied dabei drei Stromstärken: schwache, mittlere und starke Ströme und prüfte vor Allem die Wirkungen des Stromes nach dessen Richtungen.

Man kann nämlich einen mit seinem Muskel verbundenen Nerven mit Strömen von zweierlei Richtungen reizen, indem man entweder die Anode oder die Kathode peripher anbringt, in ersterem Falle erhält man einen

aufsteigenden Strom, in letzterem einen absteigenden Strom (s. Fig. 55 und 56).

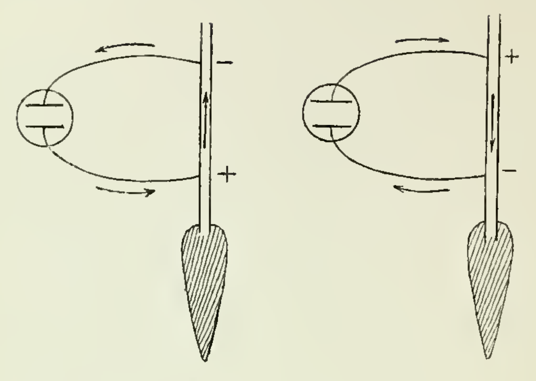


Fig. 55. Aufsteigender Strom. Fig. 56. Absteigender Strom.

Das Pflüger'sche Zuckungsgesetz lautet folgendermassen:

Aufsteigender Strom.

I.	SZ	—	AfSZ > AbSZ
II.	SZ	OZ	SZ > OZ
III.	—	OZ	

Absteigender Strom.

I.	SZ	—	AbSZ < AfSZ
II.	SZ	OZ	SZ > OZ
III.	SZ	—	

In Worten ausgedrückt:

1. Bei schwachen Strömen (I) tritt bei beiden Stromesrichtungen nur eine SZ auf und zwar ist die SZ des aufsteigenden Stromes grösser als die SZ des absteigenden Stromes (AfSZ — AbSZ). Die SZ tritt als erste Reaction auf, weil sie immer grösser ist als die OZ. Die Differenz in der Grösse der SZ je nach der Stromesrichtung

rührt daher, dass der mehr centralwärts gelegene Theil des Nerven immer leichter erregbar ist, als der peripher gelegene. Beim aufsteigenden Strom liegt die Kathode central, also wird die Schliessungserregung stärker sein als die an der peripher gelegenen Kathode des absteigenden Stromes.

2. Bei mittleren Stromstärken (II) gesellt sich zu der schon vorhandenen SZ noch eine OZ.

3. Bei stärksten Strömen (III) findet sich für den aufsteigenden Strom nur eine OZ, für den absteigenden Strom nur eine SZ. Es kommt dies daher, dass bei dieser Stromstärke sich an den beiden Polen Widerstände anhäufen, welche die Fortleitung der Erregung zum Muskel hindern. Beim aufsteigenden Strom kann die durch die Schliessung an der Kathode erzeugte Erregung die an der Anode aufgehäuften Widerstände nicht überwinden und bleibt daher aus, so dass nur die Oeffnungserregung zur Geltung kommt. Beim absteigenden Strome hindern die an der Anode aufgehäuften Widerstände die Fortleitung der durch die Oeffnung erzeugten Erregung, es findet also nur eine Schliessungserregung statt.

Alle bisher erwähnten Thatsachen beziehen sich nur wie schon mehreremals hervorgehoben, auf den ausgeschnittenen Thiernerven. Es entsteht nun die Frage, ob sich diese Gesetze auch auf den lebenden Menschennerven übertragen lassen.

Das Gesetz von Dubois-Reymond über die Erregung durch Dichtigkeitsschwankungen lässt sich ohne Weiteres auf den lebenden menschlichen Nerven anwenden.

Die Gesetze des Elektrotonus sind neuerdings ebenfalls in befriedigender Weise am Menschen nachgewiesen worden, wenn auch mit gewissen Einschränkungen, deren Besprechung hier zu weit führen würde.

Das Pflüger'sche Zuckungsgesetz hingegen lässt sich nicht ohne Weiteres auf den lebenden Menschennerven übertragen, vor Allem weil man in diesem keine bestimmte Stromesrichtung festhalten kann.

Der menschliche Nerv ist nämlich umgeben von gut leitenden Geweben (Fett, Muskel, Bindegewebe etc.). In diese Gewebe werden von dem in den Nerven eintretenden Strom fortwährend Stromschleifen eindringen und in den Nerven wieder zurückkehren. Diese Stromschleifen haben aber zum Theil eine dem reizenden Strom entgegengesetzte Richtung. Der bei a (s. Figur 57) als Anode eintretende und bei b als Kathode austretende Strom wird sich in Stromschleifen über den Nerven nn′ und dessen Umgebung verbreiten und zwar in der Richtung a′b′. Von a′ wird aber auch eine Stromschleife in das umgebende Gewebe verlaufen und bei a″ in den Nerven zurückkehren, also eine dem Reizstrom entgegengesetzte Richtung besitzen. Ausser dieser einen Stromschleife werden natürlich noch unzählige andere aus dem Nerven in seine Umgebung austreten (z. B. cc′). Da der Nerv also von Strömen entgegengesetzter Richtung durchflossen wird, so ist eine isolirte Wirkung der verschiedenen Stromesrichtungen nicht zu erzielen.

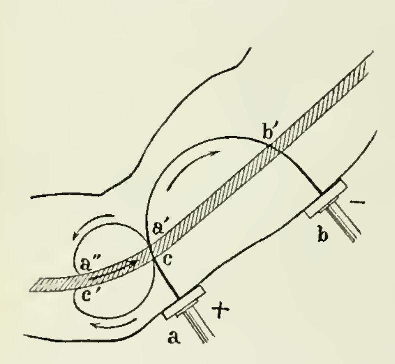


Fig. 57. Schematische Darstellung des Stromverlaufes im lebenden menschlichen Nerven.

Neben der Unmöglichkeit, eine einheitliche Stromesrichtung festzuhalten, hat aber auch die Herstellung einer isolirten Polwirkung im menschlichen Nerven seine Schwierigkeit. Da aus dem Nerven fortwährend Ströme in die Umgebung austreten, so stehen der als Eintrittstelle des Reizstromes in den Nerven dienenden Anode eine Anzahl von Kathoden gegenüber, an welchen der Strom den Nerven wieder verlässt (virtuelle Kathoden),

ebenso der Kathode eine Anzahl virtueller Anoden (s. Fig. 58). Ist an diesen Kathoden die Stromdichtigkeit nur einigermassen gross genug, so werden sich neben der durch die Reizung an der wirklichen Anode bedingten Oeffnungszuckung auch noch die durch die Reizung an der virtuellen Kathode hervorgerufene Schliessungszuckungen geltend machen und umgekehrt. Man erhält auf diese Weise am lebenden Nerven nicht nur eine Ka S Z und eine An O Z, sondern auch eine An S Z und eine Ka O Z.

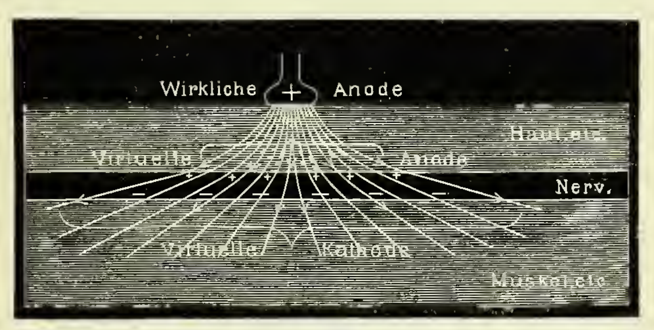


Fig. 58. Ausbreitung des Stromes im Nerven, virtuelle Pole.
Nach de Watteville.

Die galvanische Untersuchung des menschlichen motorischen Nerven gestaltet sich daher nach folgenden Gesichtspunkten.

Man hat aus den obigen Gründen von der Festhaltung der Stromesrichtung abgesehen und hält sich nur an die an den Polen auftretenden Wirkungen des Stromes (die polare Methode), indem man nach einander unter steigender Stromstärke die Wirkungen an der Anode und Kathode sowohl bei Schliessung als auch bei Oeffnung des Stromes untersucht. Die auf diese Weise auftretenden vier Reactionen: Ka S Z, Ka O Z, An S Z, An O Z finden sich an einem gesunden motorischen menschlichen Nerven in einer bestimmten Reihenfolge, welche das sogenannte Brenner'sche

Zuckungsgesetz darstellt. Unter Beibehaltung der drei Stufen in der Stromstärke wie beim Pflüger'schen Gesetze lautet daher die Reactionsformel für den motorischen Nerven folgendermassen:

I.	Ka S Z	—	—	—
II.	Ka S Z'	—	An S Z	An O Z
III.	Ka S Te	(Ka O Z)	An S Z'	An O Z'

Der Nachweis dieses Gesetzes erfolgt auf folgendem Wege: Man setzt eine grosse Elektrode als indifferente auf die Brust, eine zweite bedeutend kleinere (wegen der Dichtigkeitswirkung) auf den zu untersuchenden Nerven und zwar gebraucht man am besten zuerst als indifferente Elektrode die Anode, als differente die Kathode. Bei ganz schwachem Strome (I) lässt man nun, am besten mittelst des Stromwenders die vier Phasen Ka S, Ka O, An S, An O entstehen. Es wird zuerst nur eine Zuckung auf Ka S, die Ka S Z, auftreten, während bei den drei anderen Phasen eine Zuckung nicht erfolgt. Hierauf verstärkt man den Strom (II) und nimmt von Neuem eine Schliessung und eine Oeffnung an jedem Pole vor, wobei jetzt neben der Ka S Z, welche sich bedeutend verstärkt (Ka S Z'), auch noch An S Z und An O Z sich einstellen. Geht man schliesslich zu noch stärkeren Strömen über (III), so wird die Ka S Z' in einen Kathodenschliessungstetanus übergehen (Ka S Te), und An S Z wie An O Z werden sich bedeutend verstärken (An S Z', An O Z'). Ausserdem wird mitunter sich auch eine Kathodenöffnungszuckung (Ka O Z) einstellen, welche indess auch bei vollkommen gesunden Nerven ausbleiben kann. In der zweiten Stufe kann ebenso mitunter die An O Z vor der An S Z auftreten, ohne dass diese Reaction als pathologisch betrachtet werden muss.

Um nun einen genauen Massstab für das Auftreten der einzelnen Zuckungsphasen zu erhalten, bestimmt man die Stromstärke, bei welcher dieselben zuerst auftreten, durch den Nadelausschlag am Galvanometer, d. h. man

bestimmt die sogenannte Minimalzuckung. Man versteht hierunter die unterste Grenze, welche die Stromstärke besitzen muss, um zum ersten Male eine Zuckung in einem von dem untersuchten Nerven versorgten Muskel hervorzurufen. Diese Untersuchung ist ziemlich mühsam und erfordert einige Uebung. Hauptbedingung ist dabei, dass die Reizelektrode absolut ruhig in ihrer Lage fixirt bleibt, weil jede Verschiebung eine andere Stelle der Haut mit dem Strome in Berührung bringt, damit aber, abgesehen davon, dass der Strom nicht mehr in zureichender Weise den Nerven trifft, die Bedingungen des Hautwiderstandes und damit die zur Erzeugung der

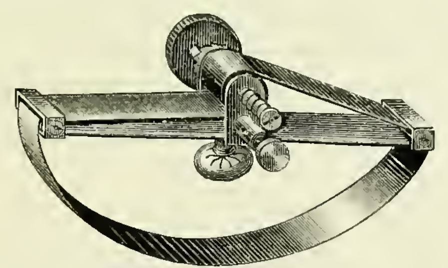


Fig. 59. Gärtner'sche Fixationselektrode.

Minimalzuckung erforderliche Stromstärke verändert. Um ein ruhiges Verweilen der Elektrode zu erzielen, lässt man dieselbe von einer zweiten Person halten oder man bedient sich mechanischer Vorrichtungen, am besten der Gärtner'schen Fixationselektrode (s. Fig. 59), welche man auf der betreffenden Stelle festschnallen kann. Die Stromstärke erleidet aber auch, wie oben schon erwähnt, eine Veränderung durch das längere Verweilen einer durchfeuchteten Elektrode auf ein und derselben Hautstelle, indem einestheils Polarisationsströme auftreten, anderntheils auch in Folge der zunehmenden Durchfeuchtung der Haut der Widerstand derselben sich allmählich verringert, so dass die zur Erzielung der Minimal-

zuckung erforderliche Stromstärke immer geringer wird, bis endlich der Widerstand ein absolutes Mass erreicht hat. Auch die Beurtheilung, ob die eintretende Zuckung schon eine minimale ist oder nicht, erfordert einige Uebung. Selbstverständlich wird schliesslich der Eintritt der Minimalzuckung auch noch abhängig sein von dem Querschnitte der Reizelektrode, indem bei einem geringen Elektrodenquerschnitt die Minimalzuckung in Folge der grösseren Stromesdichtigkeit früher, also bei einer geringeren Stromstärke eintreten wird, als bei einem grösseren Elektrodenquerschnitt. Es ist daher nothwendig, jedesmal die Grösse der Reizelektrode anzugeben.

Das Resultat einer auf diese Weise vorgenommenen Untersuchung eines motorischen Nerven wird daher z. B. folgendes sein (eigene Beobachtung):

N. medianus. El. 3 qcm, Edelm. Galvan.

Ka S Z	2,0	M. A.
An S Z	6,0	„ „
An O Z	7,0	„ „
Ka S Te	10,0	„ „
Ka O Z	—	—

Für den faradischen Strom sind keine so complicirten Verhältnisse vorhanden wie für den galvanischen. Man nimmt die Kathode des Oeffnungsstromes als differente Elektrode, setzt sie auf den zu untersuchenden Nerven auf und bestimmt auch hier die Minimalzuckung, d. h. den Rollenabstand, bei welchem zum ersten Male eine Zuckung in einem von dem Nerven versorgten Muskel auftritt. Man erhält auf diese Weise z. B. (eigene Beobachtung):

N. ulnaris R. A. 128 mm.

Die Resultate der faradischen Nervenuntersuchung müssen allerdings von dem schon oben erwähnten Gesichtspunkte aus aufgefasst werden, dass niemals die mit einem Apparate gemessenen Rollenabstände direct mit den an einem anderen Apparate gemessenen verglichen werden dürfen.

II. Muskelreizung.

Für den ausgeschnittenen Thiermuskel bestehen ganz dieselben Verhältnisse wie für den Nerven. Auch der Muskel wird bei der Schliessung nur an der Kathode, bei der Oeffnung nur an der Anode erregt, wobei die KaSZ grösser als die AnSZ. Bei schwachen Strömen findet sich nur eine Schliessungszuckung und erst bei mittleren und starken Strömen kommt auch eine Oeffnungszuckung hinzu.

Die Beurtheilung der Reizungsversuche am lebenden menschlichen Muskel sind hingegen sehr schwierig, weil es kaum gelingt, die Muskelsubstanz ganz allein für sich zu reizen, ohne dabei die in feinsten Verzweigungen im Muskel sich weit ausbreitenden Nerven in Mitleidenschaft zu ziehen. Ob daher wirklich eine directe Reizung für jeden einzelnen Muskel möglich ist, muss als ausserordentlich fraglich bezeichnet werden, wenn es auch bei einzelnen Muskeln sicher gelingt; wahrscheinlich sind aber die Reizpunkte der Muskeln nur die Stellen, an welchen die eintretenden motorischen Nerven möglichst nahe an der Oberfläche liegen.

Auch bei der galvanischen Untersuchung des lebenden Muskels erhält man zuerst die KaSZ und mit stärkeren Strömen erst die AnSZ. Allerdings kommt es an einzelnen Muskeln vor, dass die AnSZ entweder ebenso gross oder sogar grösser ist als die KaSZ (letzteres in der Regel am m. vastus ext.), ohne dass man hieraus auf einen pathologischen Zustand des Muskels schliessen dürfte. Das Auftreten einer Oeffnungszuckung hingegen ist am lebenden Muskel ein ausserordentlich seltenes Vorkommniss. Es handelt sich fast nur um AnOZ.

Vor Allem aber ist bei der galvanischen Muskelreizung auf die Form der Zuckung zu achten: Diese muss bei einem normalen Muskel durchaus blitzartig und prompt sein, sofort nach ihrem Auftreten wieder verschwinden,

Jede Abweichung von dieser Form ist als ein schwerer pathologischer anzusehen.

Die Methode der galvanischen Muskeluntersuchung besteht auch darin, dass man zuerst die Minimalzuckung für die Kathodenschliessung, dann dieselbe für die Anodenschliessung, und event. diejenige für die Stromesöffnung bestimmt, und die betreffenden Stromesstärken am Galvanometer abliest. Man erhält auf diese Weise z. B. (eigene Beobachtung):

m. extensor carpi ulnaris, El. 3 qcm, Edelm. Galvan.

$$\left.\begin{matrix}\text{Ka S Z } 2{,}5\\ \text{An S Z } 4{,}0\end{matrix}\right\} Z = \text{ bl. (blitzartig)}$$

Auch die faradische Untersuchung wird in derselben Weise vorgenommen, indem man den Rollenabstand bestimmt, bei welchem zuerst die Minimalzuckung auftritt, also z. B. (eigene Beobachtung):

m. extensor carpi ulnaris R. A. 98 mm.

III. Die motorischen Punkte.

Um die verschiedenen Nerven und Muskeln des Körpers elektrisch zu untersuchen, ist vor allen Dingen eine genaue Kenntniss der Stellen nothwendig, an welchen dieselben gereizt werden können (die motorischen Punkte).

Im Folgenden sollen die wichtigsten und in der Praxis am häufigsten vorkommenden Punkte aufgezählt werden. Diese Aufzählung ist jedoch keine erschöpfende: ich glaube aber schon, um die Zeichnungen nicht zu sehr zu verwirren, mich auf die hauptsächlichsten Punkte beschränken zu können.

A. Gesicht.

Von motorischen Nerven ist hier nur der n. facialis zu reizen, welchen man nach Erb's Vorgang zum Zwecke der elektrodiagnostischen Untersuchung in drei Aeste theilt.

Es können daher gereizt werden:

1. Der Facialisstamm, dicht unterhalb des äusseren Gehörganges, wo man die feine Knopfelektrode dicht an den Unterkiefer andrückt. Wirkung: Contraction der gesammten gereizten Gesichtshälfte: Nase und Mund werden schief gestellt, das Auge wird geschlossen, die

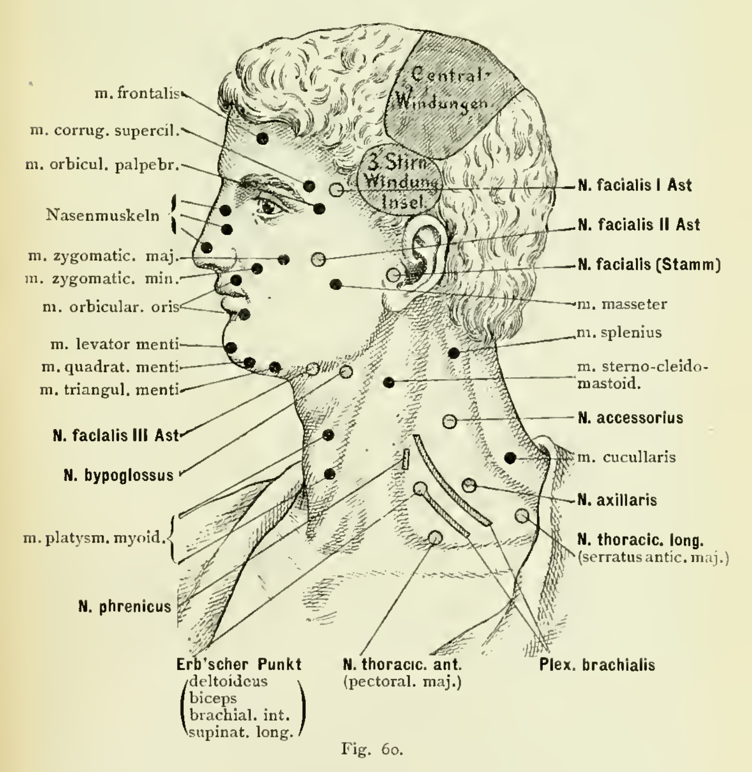


Fig. 60.

ganze Haut der betreffenden Gesichtshälfte in zahlreiche Falten gelegt. Die Reizung des Facialisstammes ist wegen der vielen in der Gesichtshaut verlaufenden sensiblen Nerven (namentlich des n. auriculo-temporalis) sehr schmerzhaft.

2. Oberer Ast, für die Muskeln oberhalb und an der Augenlidspalte. Reizstelle: Oberhalb des Auges an der Haargrenze. Wirkung: Contraction der Muskeln der Stirne und an den Augenlidspalten, Reizung ebenfalls schmerzhaft.

3. Mittlerer Ast, für die Muskeln zwischen Augenlid- und Mundspalte. Reizstelle: Dicht unterhalb der Mitte des Jochbogens. Wirkung: Contraction der Muskeln an der Nase und der Oberlippe.

4. Unterer Ast. Für die Muskel am Munde und Unterkiefer. Reizstelle: Mitte des Unterkiefers. Wirkung: Contraction der Muskel am Mund und Kinn.

Die Gesichtsmuskeln können ihrer freien Lage wegen sämmtlich der Untersuchung zugängig gemacht werden, indessen ist ihre isolirte Reizung schwierig, weil sie oft in hohem Maasse miteinander verwachsen sind. Es hat auch keinen grossen praktischen Werth, sich z. B. jeden einzelnen kleinen Nasenmuskel mühsam zu isoliren. Die am häufigsten in Frage kommenden Gesichtsmuskeln sind folgende:

m. frontalis. Reizstelle: Stirn oberhalb der Augenbrauen. Wirkung: Die Stirn wird in horizontale Falten gelegt (gerunzelt), die Augenbrauen werden in die Höhe gezogen.

m. corrugator supercilii. Reizstelle: Dicht oberhalb der inneren Hälfte der Augenbrauen. Wirkung: Herunterziehen der Augenbrauen, so dass sie im Maximum der Contraction das obere Augenlid vollkommen bedecken.

m. orbicularis palpebrarum. Reizstelle: Unterhalb des oberen Augenlides, oder vom Nerven aus auch am Jochbein. Wirkung: Das Auge wird fest geschlossen, die Haut der Lider in zahlreiche Falten gelegt. Bei der galvanischen Reizung Vorsicht wegen gleichzeitiger Erregung des Opticus (Lichtblitze).

m. zygomaticus major. Reizstelle: Am unteren äusseren Jochbeinrande. Wirkung: Mundwinkel und

ein Theil der Oberlippe werden nach oben und aussen gezogen, so dass bei doppelseitiger Reizung Grinsen eintritt.

m. zygomaticus minor. Reizstelle: Unterer Jochbeinrand vor der Verbindung mit dem Oberkiefer. Wirkung: Verziehung des Mundwinkels nach oben und aussen. Reizung schmerzhaft, wegen Betheiligung des n. infraorbitalis.

Die Muskeln:

compressor nasi,
dilatator narium,
levator labii sup. propr.,
levator labii sup. alaeque nasi

sind schwer zu isoliren; ihre Wirkung entspricht ihrem Namen.

m. orbicularis oris. Reizstelle: Unterhalb der Ober- resp. der Unterlippe. Wirkung: Verkürzung der Lippen mit Faltung der Haut, Vorschiebung und Zuspitzung derselben.

m. triangularis menti. Reizstelle: In der Mitte des unteren Randes des horizontalen Unterkieferastes. Wirkung: Mundwinkel nach unten und aussen gezogen, Mundspalte erweitert, aber nicht geöffnet.

m. quadratus menti. Reizstelle: Etwas weiter vorn als der vorige. Wirkung: Die Unterlippe wird nach unten und aussen gezogen und dabei an die Zähne angepresst.

m. levator menti. Reizstelle: Am inneren Rande des quadratus menti. Wirkung: Das Kinn wird in die Höhe, der Unterkiefer nach vorn geschoben.

Die Ohrmuskeln sind sehr schwierig zu isoliren. Durch Reizung des n. auricularis posterior (Facialisast) an der Verbindung des Ohrknorpels mit dem Schädel kann man eine Contraction erzielen an den mm. retrahentes auriculae und am m. attollens auriculae, wodurch die Ohrmuschel nach hinten und oben gezogen wird. Gleichzeitig tritt dabei eine Contraction im m. occipitalis ein, wodurch die Kopfhaut sich nach hinten zieht.

Von anderen, nicht von Fascialis versorgten Muskeln können noch gereizt werden:

m. buccinatorius, vom Nerven aus am inneren Rande des masseter, sowie von der Mundhöhle aus reizbar. Wirkung: Die Wange wird an die Zähne gepresst, Ober- und Unterlippe erscheinen verkürzt.

m. masseter, vom Nerven aus zu reizen in der incis. semilunaris des Unterkiefers. Wirkung: Der Unterkiefer wird kräftig an den Oberkiefer herangezogen.

B. Hals.

Am Hals sind folgende Nerven direct reizbar:

n. accessorius. Reizpunkt am hinteren Rande des sterno-cleido-mastoideus, etwas mehr nach dem cucullaris zu. Wirkung: Contraction des sterno-cleido-mastoideus und des cucullaris zusammen: Biegung der Halswirbelsäule, Vorschiebung des Unterkiefers, Drehung des Kopfes, so dass das Gesicht nach der der Reizung entgegengesetzten Seite sieht, Hebung der Schulter.

n. hypoglossus. Reizstelle: Dicht über dem grossen Zungenbeinhorn, wo man mit einer feinen Knopfelektrode tief eindrücken muss. Wirkung: Krümmung und Runzelung der Zunge.

n. phrenicus, reizbar im unteren Drittel des äusseren Randes des sterno-cleido-mastoideus, wo eine feine Elektrode sehr kräftig in schräger Richtung von aussen nach innen eingedrückt werden muss. Wirkung: Contraction des Zwerchfells, welches sich kund giebt durch Vorwölbung der Bauchwand und ein durch das Einströmen der Luft in die Stimmritze bedingtes Geräusch. Die Phrenicusreizung ist ein unbedingt wirksames Mittel bei Asphyxie.

Plexus brachialis. Er ist im unteren Theile des Halsdreieckes in lang gestreckter Linie zu treffen (siehe Fig. 60). Je nachdem man die einzelnen Theile dieser Linie reizt, werden die einzelnen Nerven des Plexus mit Contraction ihrer Muskeln antworten. Meistens werden

aber mehrere Nerven zusammen gereizt, so dass die Wirkung eine aus den verschiedensten Muskelcontractionen combinirte ist. An einzelnen Stellen können jedoch einzelne Nerven, namentlich wenn man sich ganz feiner Elektroden bedient, isolirt gereizt werden und zwar folgende:

n. axillaris. Reizstelle: Oberhalb der clavicula, etwas nach aussen in der Plexuslinie (s. Fig. 60). Wirkung: Contraction des deltoideus.

n. thoracicus longus, dicht oberhalb der clavicula, nahe am Cucullarisrande. Wirkung: Contraction des serratus anticus major. Verschiebung der scapula nach vorn und aussen, so dass der Zwischenraum zwischen ihr und der Wirbelsäule bedeutend vergrössert wird, Abhebung der scapula vom Thorax, so dass ihre innere Fläche fühlbar wird, Vertiefung der Infra- und Supraclaviculargruben, in Folge der Entfernung des Schlüsselbeins vom Thorax..

n. thoracicus anterior. Reizbar dicht oberhalb der clavicula, nahe an der Insertion der portio clavicularis des sterno-cleido-mastoideus. Wirkung: Isolirte Contraction des pectoralis major.

Schliesslich lässt sich von einer Stelle des plexus aus, welche etwas über der clavicula nahe am äusseren Rande des sterno-cleido-mastoideus gelegen ist, dem sogenannten Erb'schen Punkte, eine gemeinsame Contraction des deltoideus, brachialis internus, biceps, und supinator longus erzielen. Die Wirkung ist eine sehr präcise: der Arm wird gehoben und stark gebeugt, so dass die Hand auf die Brust aufschlägt.

Von Muskeln sind am Halse folgende zu erwähnen:

Platysma myoides, am besten in der Gegend des Zungenbeins zu reizen. Wirkung: Vorspringen des Halses zwischen Unterkieferrand und Schlüsselbein, Herabziehung der Unterlippe mit Entblössung der Zähne.

m. sterno-cleido-mastoideus, in seinem oberen Drittel sowie auch in der Mitte reizbar. Wirkung:

Drehung des Gesichts nach der entgegengesetzten Seite, Annäherung des Ohres der gereizten Seite an das Schlüsselbein, Vorbiegung der Halswirbelsäule.

m. cucullaris, am besten zu reizen am äusseren Rande (siehe Fig. 60). Wirkung: Erhebung der Schulter, Anziehung des Schulterblattes an die Wirbelsäule.

m. splenius, am äusseren Rande reizbar, ziemlich dicht an der Spitze des Halsdreiecks. Wirkung: Kräftige Drehung des Kopfes nach der gereizten Seite.

m. omo-hyoideus, am inneren Rande des Kopfnickers reizbar. Wirkung: Herabziehung des Zungenbeins, der Muskel springt in seinen Umrissen scharf in der fossa supraclavicularis vor.

Die Reizung der übrigen Zungen bei Muskeln hat keine praktische Bedeutung.

Im Innern der Mundhöhle und des Halses lassen sich nur wenig Muskel reizen. Zunächst gelingt ohne Schwierigkeiten die isolirte Reizung der Zungenmuskulatur. Die Zunge, auf der Oberfläche gereizt, verkürzt sich nach der gereizten Seite hin; auf der unteren Fläche gereizt, wird sie herabgezogen.

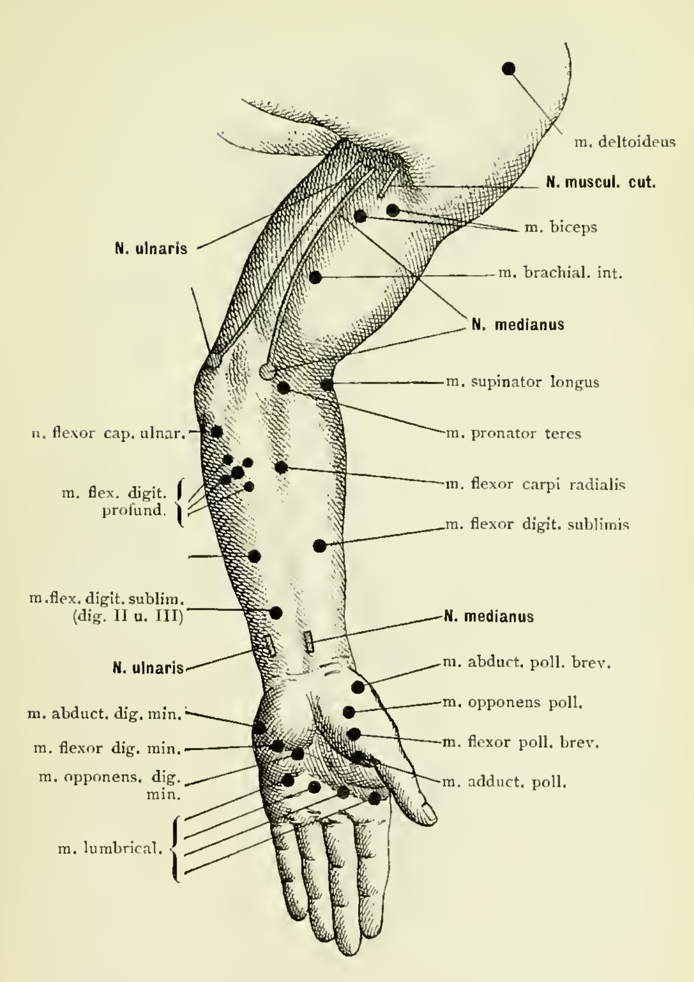
Ferner ist isolirt reizbar der m. azygos uvulae, an der Basis des Zäpfchens, wodurch die Uvula ganz nach oben gezogen wird und hinter dem Velum verschwindet.

An der hinteren Rachenwand ist reizbar der m. constrictor pharyngis superior medius et inferior. Die Wirkung ist eine Herunterziehung der Schleimhaut des Rachens auf der gereizten Seite. Die Reizung dieses Muskels ist mitunter bei Schlinglähmungen von Bedeutung.

C. Obere Extremität.

Die Nerven der oberen Extremität sind an folgenden Stellen zu reizen:

1. n. radialis an seiner Umschlagstelle an der Aussenseite des Oberarms, ungefähr in der Mitte zwischen Insertion des deltoideus und dem condylus externus



m. deltoideus
N. muscul. cut.
m. biceps
N. ulnaris
m. brachial. int.
N. medianus
m. supinator longus
n. flexor cap. ulnar.
m. pronator teres
m. flex. digit. profund.
m. flexor carpi radialis
m. flexor digit. sublimis
m. flex. digit. sublim. (dig. II u. III)
N. medianus
N. ulnaris
m. abduct. poll. brev.
m. opponens poll.
m. abduct. dig. min.
m. flexor poll. brev.
m. flexor dig. min.
m. opponens. dig. min.
m. adduct. poll.
m. lumbrical.

Fig. 61.

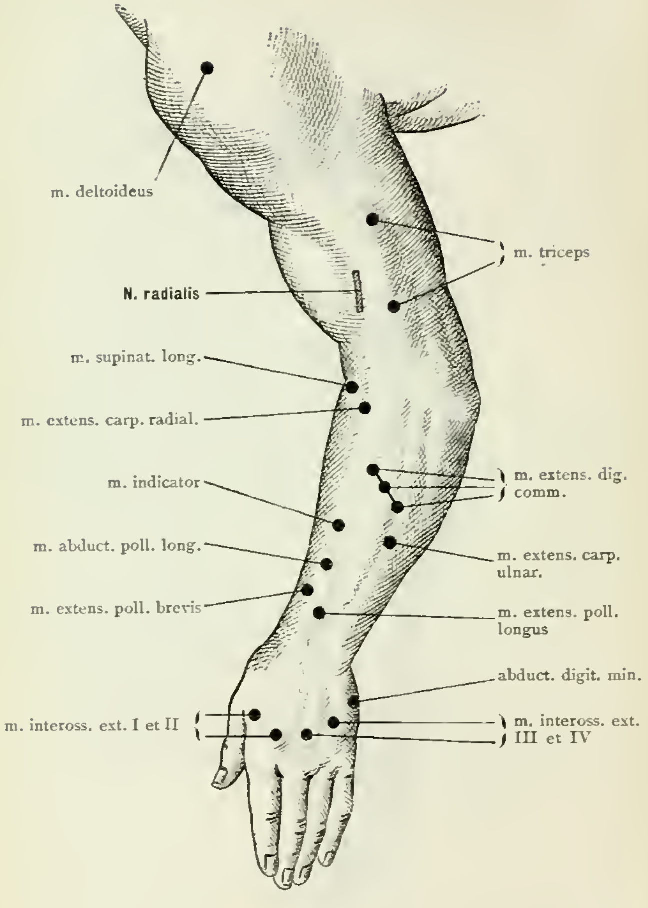

m. deltoideus
m. triceps
N. radialis
m. supinat. long.
m. extens. carp. radial.
m. indicator
m. extens. dig. comm.
m. abduct. poll. long.
m. extens. carp. ulnar.
m. extens. poll. brevis
m. extens. poll. longus
abduct. digit. min.
m. inteross. ext. I et II
m. inteross. ext. III et IV

Fig. 62.

humeri. Oft schwer zu finden, namentlich bei sehr stark entwickelter Muskulatur. Die Elektrode muss fest an den Knochen angedrückt werden. Wirkung: Kräftige Erhebung der Hand in Folge der Contraction sämmtlicher Extensoren derselben, ausserdem Parästhesieen auf der Dorsalfläche des Unterarms und in den Endphalangen des ersten bis zur Mitte des dritten Fingers.

2. n. ulnaris, an zwei Stellen zu reizen:

a) Im ganzen sulcus bicipitalis internus. Da indessen hierbei selten eine gleichzeitige Reizung des dicht am ulnaris verlaufenden medianus vermieden werden kann, so reizt man am besten am Ellbogen zwischen Olecranon und condylus internus humeri, wo man den Nerven dicht an den Knochen drücken kann. Die Wirkung ist eine Contraction im flexor carpi ulnaris, im flexor digitorum communis profundus, im adductor pollicis, in allen Muskeln am kleinen Fingerballen, in allen m. m. interossei, und im 3. und 4. lumbricalis, ausserdem Parästhesieen im untersten Theile des Unterarms, am Kleinfingerballen, sowie auf der Volarfläche des 5. bis Mitte des 3. Fingers.

b) Am Handgelenk an der Radialseite der Sehne des flexor carpi ulnaris. Die Wirkung dieser Reizung ist vorzugsweise eine Contraction aller vom ulnaris versorgten Handmuskeln.

3. n. medianus, ebenfalls an zwei Stellen reizbar:

a) Im ganzen sulcus biccipitalis externus, sicherer jedoch zu isoliren in der Ellbogenbeuge an der inneren Seite der a. brachialis. Wirkung: Contraction aller Muskeln an der Volarseite des Unterarms mit Ausnahme des flexor carpi ulnaris und des vom ulnaris versorgten Theiles des flexor digitorum communis profundus, in der Hand Contraction aller Muskeln des Daumenballens mit Ausnahme des adductor pollicis, Contraction der drei ersten lumbricales, Parästhesieen am Daumenballen und im ersten bis zur Mitte des vierten Fingers auf der Volarseite derselben.

b) Nahe am Handgelenk zwischen den Sehnen des

flexor carpi radialis und des palmaris longus. Wirkung: Contraction der oben genannten Handmuskeln.

4. n. musculo-cutaneus, reizbar zwischen coracobrachialis und biceps oder zwischen den beiden Köpfen des letzteren. Wirkung: Durch Contraction des biceps und des brachialis internus kräftige Beugung des Vorderarmes. Die feine Elektrode muss scharf auf die Unterlage aufgedrückt werden, die Reizung ist sehr schwierig.

Sämmtliche vier eben erwähnten Nerven sind auch von der Achselhöhle aus reizbar, wenn man mit feinen Elektroden arbeitet. Die Isolirung der einzelnen Nerven ist hier wegen der unmittelbaren Nachbarschaft anderer Nerven sehr schwierig, die Reizung stets mehr oder minder schmerzhaft.

Die Muskeln der oberen Extremität sind fast alle dem Strome zugänglich, wenn auch nicht durchweg direct reizbar.

Auf der Beugeseite ist zunächst der m. deltoideus reizbar, und zwar in seinem vorderen und hinteren Theile. Die Wirkung ist Hebung des Armes bis zur Horizontalen.

m. biceps, in der Mitte des Muskels direct, an der Vereinigung seiner beiden Köpfe indirect reizbar. Wirkung: Kräftige Beugung des Vorderarmes.

m. brachialis internus, sehr schwer zu reizen, man schiebt eine feine Elektrode unter das untere Drittel des erschlafften biceps. Wirkung: Ebenfalls Beugung des Vorderarmes. Mitreizung des medianus schwer zu vermeiden.

m. pronator teres, in der Ellbogenbeuge. Wirkung: Kräftige Pronation des Vorderarmes, Reizung schmerzhaft.

m. flexor digitorum profundus, auf einer ganzen Strecke direct zu reizen (siehe Fig. 61). Die Wirkung ist eine Beugung der Endphalangen der Finger.

m. flexor digitorum sublimis lässt sich nur sehr schwer isoliren. Mitunter gelingt es, am unteren Drittel des Unterarmes die Muskelzweige für den zweiten und

fünften Finger zu treffen, deren zweite Phalangen dann gebeugt werden.

m. flexor carpi radialis, in der Mitte des oberen Vorderarmdrittels nur schwer zu reizen, bewirkt Flexion der Hand, wodurch die Handfläche ulnarwärts gerichtet wird.

m. flexor carpi ulnaris, in seinem ganzen Verlaufe direct zu reizen. Wirkung: Flexion der Hand, mit Adduction derselben. Die Reizung ist etwas schwierig, weil man die dicht benachbarten Bündel des flexor digitorum communis profundus vermeiden muss. Bei isolirter Reizung des flexor carpi ulnaris muss seine Sehne am Erbsenbein vorspringen.

Streckseite.

m. triceps ist an zwei Stellen (für das caput longum und das caput externum) reizbar. Wirkung: Streckung des Vorderarmes.

m. supinator longus. Reizstelle: In der Mitte des Muskels. Wirkung: Vorwiegende Beugung des Vorderarmes.

m. extensor carpi radialis longus, dicht am condylus externus humeri zu reizen. Wirkung: Adduction der Hand nach der radialen Seite zu.

m. extensor carpi ulnaris. Reizpunkt s. Fig. 62. Wirkung: Streckung der Hand mit Drehung nach der ulnaren Seite hin.

m. extensor digitorum communis, auf einer längeren Strecke reizbar (s. Fig. 62). Die Wirkung besteht in Streckung der Hand und der Finger, welche dabei etwas von einander entfernt werden, während die zwei letzten Phalangen leicht gebeugt sind. Im Verlaufe der bezeichneten Strecke lassen sich leicht die Muskelbündel für die einzelnen Finger isoliren und so an jedem Finger Streckungen hervorrufen. Etwas weiter nach unten zu lässt sich mit leichter Mühe der Indicator isoliren, noch weiter nach der Hand der Ast für den fünften Finger.

m. abductor pollicis longus, im unteren Drittel des Unterarmes zu reizen, abducirt den Daumen.

m. extensor pollicis longus, am Radialrand der Sehne des extensor digitorum communis, streckt die beiden letzten Phalangen des Daumens.

m. extensor pollicis brevis, dicht neben dem vorigen reizbar, streckt die erste Phalanx des Daumens.

Die beiden letzten Muskeln sind schwer zu isoliren.

Hand. Die Reizung der Handmuskel ist meistens dadurch erschwert, namentlich unter der arbeitenden Bevölkerung, weil die Haut, besonders der Hohlhand, ausserordentlich schwielig und fest ist und auf diese Weise dem Strome einen grossen Widerstand entgegensetzt. Ausserdem ist die Isolirung der einzelnen Handmuskeln schwierig, weil dieselben sehr häufig mit einander verwachsen sind. Praktisch hat auch eine genaue Trennung in den Reizeffecten der einzelnen Handmuskel keinen grossen Werth: man untersucht meistens ganz im Allgemeinen Muskeln am Daumenballen und Muskeln am Kleinfingerballen.

Am Daumenballen sind zu reizen (die Reizpunkte sind auf Fig. 61 ersichtlich):

m. abductor pollicis brevis.

m. flexor pollicis brevis.

m. opponens pollicis, dessen Reizung sehr leicht zu erzielen ist. Seine Contraction schiebt den Daumen so in die hohle Hand hinein, dass der erste Metacarpalknochen dem zweiten direct gegenübersteht.

m. abductor pollicis, zwischen Metacarpus des zweiten und dritten Fingers zu treffen, wenn man eine feine Elektrode tief am inneren Rande des Daumenballens eindrückt. Wirkung: Dieselbe wie beim opponens, nur dass nebenbei noch die zweite Phalanx des Daumens gestreckt, die erste gebeugt wird.

Am Kleinfingerballen ist die Muskulatur, bestehend aus

m. abductor digiti minimi,
m. flexor digiti minimi,
m. opponens digiti minimi

nur als Ganzes zu reizen, weil die Isolirung der einzelnen Muskeln zu schwierig ist.

Wichtig ist die Reizung der m. m. interossei. Die Reizung der interossei externi, welche auf dem Handrücken zwischen dem einzelnen Metacarpalknochen leicht vorgenommen werden kann, bewirkt eine Spreizung der Finger, welche sich von der Mittellinie entfernen. Verstärkt man den Strom, so tritt nebenher noch eine Reizung der interossei interni ein und beide beugen dann gemeinsam die ersten Phalangen gegen die Hohlhand, während die Finger dabei gestreckt sind. Isolirt lassen sich hingegen die interossei interni nicht reizen.

Die m. m. lumbricales lassen sich mit feinen Elektroden von der Hohlhand aus reizen, wodurch eine Beugung der ersten Phalanx und eine Streckung der zweiten und dritten erzielt wird.

D. Untere Extremität.

Nervenpunkte.

1. n. cruralis. Reizpunkt: In der Inguinalfalte unterhalb des lig. Poupartii, nach aussen von der a. cruralis, die Elektrode muss fest ans Becken angedrückt werden. Wirkung: Streckung des Unterschenkels in Form einer schleudernden Bewegung des ganzen Beins, Schmerzen an der vorderen und inneren Seite des Oberschenkels, des Kniees und an der Innenseite des Unterschenkels. Die Reizung ist schon wegen des tiefen Eindrückens der Elektrode schmerzhaft.

2. n. obturatorius. Reizbar am for. obturat., wenn man eine feine Elektrode hart an den horizontalen Schambeinast andrückt. Wirkung: Contraction der Adductoren des Oberschenkels, Schmerzen an der inneren Seite desselben.

3. n. ischiadicus. Reizpunkt: Am unteren Rande des m. glutaeus maximus zwischen trochanter und tuber ischii. Die Elektrode darf nicht zu klein sein und muss

tief eingedrückt werden. Die Wirkung besteht in einer kräftigen Beugung des Unterschenkels und in Schmerzen an der hinteren Seite des Beins bis zu den Zehen.

4. n. peroneus, oberhalb des Wadenbeinköpfchens an der Aussenseite der Kniekehle reizbar. Wirkung: Starke Extension des ganzen Fusses mit Abduction des-

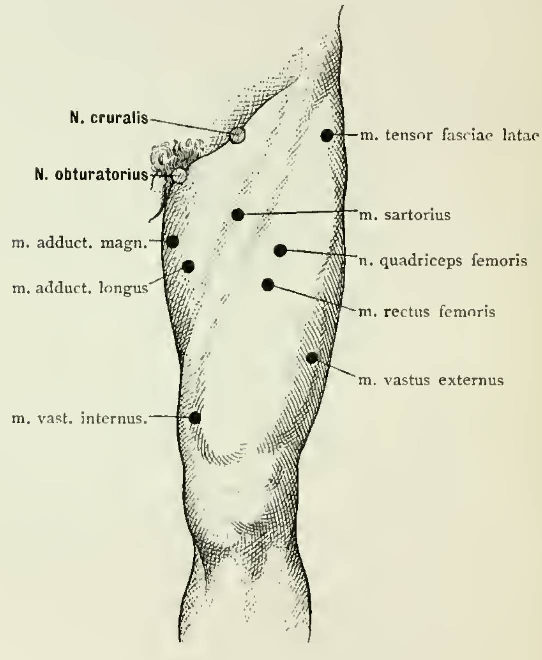


Fig. 63.

selben, Extension der Zehen, Schmerzen an der hinteren Seite des Unterschenkels und im Fuss.

5. n. tibialis, in der Mitte der Kniekehle reizbar. Wirkung: Kräftige Flexion des Fusses und der Zehen, sichtbar vor Allem an einer starken Contraction der gastrocnemii, Schmerzen in der Fusssohle.

Ausserdem ist der tibialis noch am Unterschenkel reizbar und zwar in der Mitte zwischen innerem Tibialrande und Achillessehne. Die Reizung an dieser Stelle bewirkt Contraction aller Muskeln an der Fusssohle und Schmerzen an der Haut der letzteren.

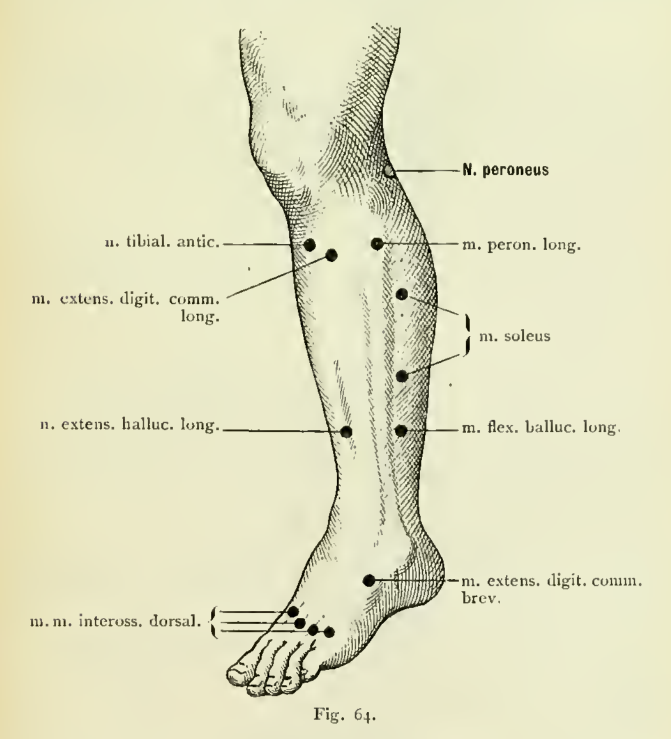


Fig. 64.

Muskeln (Vorderfläche).

m. tensor fasciae latae, vom Nerven aus unterhalb der crista ossis ilei nahe an ihrem oberen Rande reizbar. Wirkung: Anspannung der fascia lata, sichtbar daran, dass der vastus externus nach innen geschoben wird.

m. quadriceps, am inneren Rande des rectus cruis in der Mitte des Oberschenkels reizbar. Wirkung: Streckung des Unterschenkels. Reizbar sind ferner noch die einzelnen Theile des Muskels:

rectus femoris,
vastus internus,
vastus externus

an den auf Fig. 63 ersichtlichen Punkten. Die Reizung des rectus hat dieselbe Wirkung, wie die des quadriceps überhaupt, der vastus internus schiebt die Kniescheibe nach oben und innen, der vastus externus nach oben und aussen.

m. sartorius, meist direct in der oberen Hälfte seines Verlaufes reizbar. Wirkung: Schwache Beugung des Kniegelenks mit Drehung des Beines nach aussen.

m. adductor magnus, an der hinteren Seite des Oberschenkels.

m. adductor longus, an der Innenfläche des Oberschenkels reizbar. Beide adduciren den Oberschenkel.

m. tibialis anticus. Reizpunkt: 1 qcm vom capitulum fibulae nach innen und unten. Wirkung: Extension des Fusses mit Hebung des inneren Fussrandes und Abduction des Fusses.

m. extensor digitorum communis longus, etwas tiefer und mehr nach aussen vom Reizpunkte des vorigen Muskels, extendirt die zweite bis fünfte Zehe mit ganz leichter Abduction derselben.

m. peroneus longus, ca. 4 cm unterhalb des capitulum fibulae reizbar. Wirkung: Extension des Fusses mit Hebung des äusseren Fussrandes und Abduction des Fusses.

Die Punkte dieser letzten 3 Muskeln sind in ihrer Lage zu einander an verschiedenen Individuen ausserordentlich variabel.

m. extensor hallucis longus, im unteren Drittel des Unterschenkels, hart an der Tibialkante direct reizbar, extendirt die grosse Zehe.

m. extensor digitorum brevis, unterhalb des äusseren Knöchels direct reizbar. Wirkung wie die des longus.

Auf dem Fussrücken sind zwischen dem Metatarsalknochen die m. m. interossei dorsales reizbar, deren

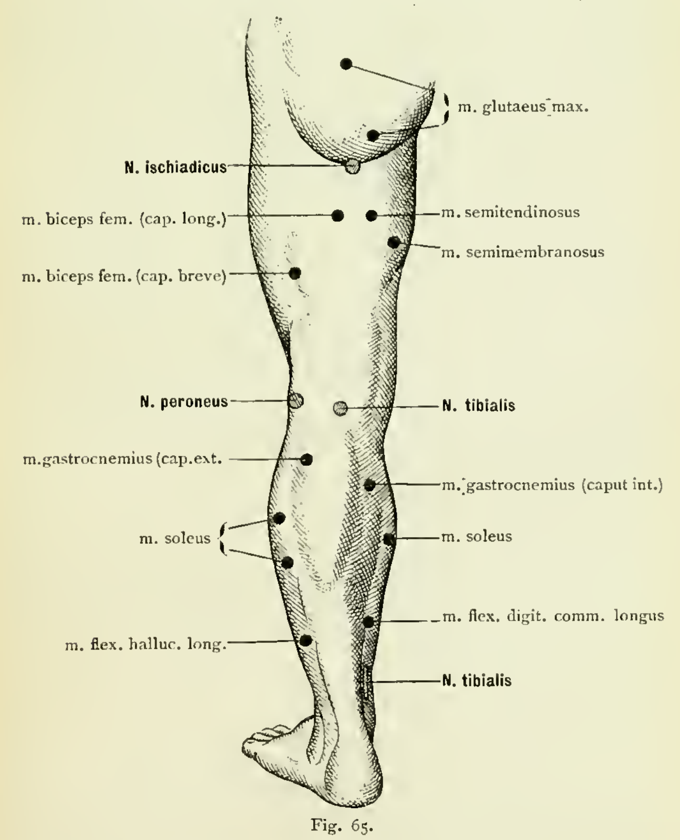


Fig. 65.

Wirkung auch hier in Abduction der Zehen von einander mit Beugung der ersten und Streckung der zweiten und dritten Phalanx besteht.

Hintere Fläche.

m. glutaeus maximus, an zwei auf Fig. 65 ersichtlichen Punkten reizbar.

m. biceps femoris: caput longum in der Mitte der Unterfläche des Oberschenkels, caput breve nach aussen und hinten davon zu reizen. Wirkung: Kräftige Beugung im Kniegelenk mit Biegung des Unterschenkels nach aussen.

m. semitendinosus, neben dem caput longum des biceps, etwas nach aussen von demselben.

m. semimembranosus, nach innen vom vorigen reizbar. Beide Muskeln bewirken Beugung im Kniegelenk.

m. m. gastrocnemii sind an ihren beiden Köpfen zu reizen. Der Reizpunkt des äusseren Kopfes liegt höher als der des inneren. Wirkung: Kräftige Plantarflexion des Fusses, oft unter Schmerzen (Wadenkrampf).

m. soleus ist schwer zu reizen, da er fast ganz von dem gastrocnemius bedeckt wird. Man kann ihn nur an seinen äusseren Rändern, etwa in der Mitte des Bauches des gastrocnemius treffen. Es muss dabei der gastrocnemius schlaff bleiben, so dass man ihn durch den contrahirten soleus hindurch fühlen kann.

m. flexor digitorum communis longus, in dem spitzen Winkel zwischen innerem Rande des soleus und tibia reizbar. Wirkung: Kräftige Beugung der Zehen.

m. flexor hallucis longus, reizbar oberhalb des inneren Knöchels in dem Winkel zwischen innerem Rande des soleus und Achillessehne.

Die Muskeln an der Fusssohle gestatten wegen der dicken Epidermis keine Reizung.

E. Rumpf.

An der Brust ist nur der m. pectoralis major einer Reizung zugänglich und zwar an mehreren Stellen seiner Muskelmasse. Die Wirkung ist Heranziehung des Armes an die Brust.

m. latissimus dorsi. Reizpunkt: In der inneren

Wand der Achselhöhle, zwischen Thoraxwand und scapula. Wirkung: Der herabhängende Arm wird nach innen und hinten gezogen.

Die Bauchmuskeln sind schwer zu treffen.

m. rectus abdominis ist nur direct vom Nerven aus zu reizen. In jeden Bauch des Muskels tritt ein Nerv ein, welcher in der Mitte des äusseren Muskelrandes reizbar ist. Die Wirkung ist ein Hartwerden eines jeden einzelnen Muskelbauches. Die Reizung des gesammten Muskels hat ein Hereinziehen der Bauchwand nach innen zur Folge, so dass die normale Wölbung des Bauches zu einer Ebene zwischen Symphyse und Sternum wird.

m. obliquus abdominis externus, ebenfalls nur vom Nerven aus direct und zwar in den unteren Intercostalräumen am Ursprunge der oberen Zacken reizbar. Noch präciser erfolgt die Reizung am freien Rande der elften bis zwölften Rippe. Die Wirkung ist eine Abflachung des Bauches.

m. transversus abdominis, reizbar unter der crista ossis ilii, nahe am äusseren Rande des quadratus lumborum. Elektrode nicht zu klein, tief eindrücken. An sehr fetten Individuen ist die Reizung erfolglos. Wirkung: Tiefe Einschnürung des Bauches der Quere nach.

IV. Die Verwerthung der elektrischen Untersuchung der motorischen Nerven und der Muskeln.

Bestimmt man nach den oben geschilderten Methoden die Minimalzuckung eines Nerven oder eines Muskels, so muss man vor allen Dingen wissen, ob diese Stromstärken den normalen Werth darstellen, bei welchen der betreffende Nerv oder Muskel mit einer Minimalzuckung normalerweise reagiren, oder ob der Werth abnorm, sei es zu klein oder zu gross, ist. Diese Beurtheilung ist schwierig. Von vornherein kann man nicht für einen bestimmten Nerv oder Muskel eine bestimmte Stromstärke angeben,

bei welcher die Minimalzuckung erfolgen muss. Der Eintritt dieser Reaction unterliegt vielmehr bei den verschiedenen Menschen grossen Schwankungen, welche ihren Hauptgrund haben in den bei allen Menschen verschiedenen Widerstandsverhältnissen.

Am einfachsten kann wenigstens unter Umständen die Beurtheilung der elektrodiagnostischen Untersuchung sein, wenn es sich um halbseitige Affection handelt, welche einen Vergleich mit der gesunden Seite zulassen. Zwar werden hier geringe Differenzen in den zur Minimalzuckung erforderlichen M. A. bez. in den R. A. nicht ins Gewicht fallen können, da man eine absolute Identität der auf beiden Seiten gereizten Stellen kaum wird erreichen können, und ausserdem auch der Widerstand an den Reizstellen beider Seiten ein verschiedener sein kann.

Nach Stintzing sind die Maximaldifferenzen für den galvanischen Strom bei einer Elektrode von 3 qcm für den

n. trochlearis	0,7	M. A.
n. accessorius	0,15	„
n. medianus	0,6	„
n. ulnaris	0,6	„
n. radialis	1,1	„
n. peroneus	0,5	„
n. tibialis	1,1	„

Findet man z. B. bei einer linksseitigen Radialislähmung

n.	radialis	r.	KaSZ	3	M. A
n.	„	l.	„ „ „	2,5	„

so darf man aus der Differenz von 0,5 M. A. noch nicht den Schluss auf eine herabgesetzte Erregbarkeit des rechten radialis ziehen.

Aber auch dies Resultat kann unter Umständen eine Täuschung enthalten. In wichtigen Fällen, in denen es auf eine minutiöse Untersuchung ankommt, ist es unerlässlich, neben den Minimalzuckungen auch noch den Leitungswiderstand an den gereizten Stellen zu bestimmen,

weil es vorkommen kann, dass durch eine Veränderung desselben die Erregbarkeit eines Nerven oder Muskels scheinbar erhöht oder herabgesetzt wird.

Die Bestimmung des Leitungswiderstandes erfolgt nach dem Vorschlage von Erb in der Weise, dass man an der Reizstelle des Nerven oder des Muskels eine Elektrode von bestimmtem Querschnitt bei einer bestimmten Anzahl von Elementen während 30 Secunden stehen lässt (letztere Forderung von Vierordt aufgestellt) und nach dieser Zeit den Nadelausschlag bestimmt. Zeigen diese Nadelausschläge auf beiden Seiten entweder gar keine, oder höchstens eine Differenz von 1—1,5 M. A., so kann man den Leitungswiderstand auf beiden Seiten als gleich auffassen und eine über die oben erwähnte Maximaldifferenz hinausgehende Verschiedenheit in der zur Erzeugung der Minimalzuckung nothwendigen Stromstärke kann als pathologische Erscheinung des Nerven oder Muskels bezeichnet werden.

Hierbei muss betont werden, dass die Widerstandsprüfung für den galvanischen Strom nur mit dem galvanischen, für den faradischen nur mit dem faradischen Strome selber gemacht werden darf. Die Verschiedenheit in der Grösse des galvanischen und des faradischen Widerstandes ist so gross, dass eine Prüfung des Widerstandes mit dem galvanischen Strome bei einer faradischen Erregbarkeitsuntersuchung und umgekehrt zu Fehlerquellen führen muss. Auf die etwas complicirte und mit dem gewöhnlichen Induktionsapparate allein nicht auszuführende Bestimmung des faradischen Leitungswiderstandes kann hier nicht näher eingegangen werden.

Weitaus schwieriger ist die Beurtheilung einer Erregbarkeitsprüfung, wenn es sich um doppelseitige Affectionen handelt. Da man niemals von einer Person in Bezug auf ihre elektrische Erregbarkeit auf eine andere schliessen kann, so hat man hier ohne Weiteres kein Vergleichsobject. Um sich Klarheit zu verschaffen, bedient man sich entweder der Erb'schen Methode, nach

welcher man sich für gesunde Personen eine Erregbarkeitsscala anlegt für den frontalis, accessorius, ulnaris und peroneus. Die Zahlen für die Reaction dieser vier Nerven stehen in einem gewissen Verhältniss zu einander, welches sich nach verschiedenen Individuen zwar in seinen einzelnen Werthen verschieben kann, aber doch in seinen Differenzen ziemlich constant bleibt. Zeigen sich Störungen dieses Verhältnisses, so kann man nach Erb auch die Reaction anderer Nerven desselben Menschen als herabgesetzt resp. als erhöht annehmen. An Stelle dieser etwas mühsamen und doch nicht ganz genauen Methode empfiehlt sich mehr die Vergleichung mit den sogenannten Stintzing'schen Grenzwerthen.

Diese aus einer grossen Reihe von Beobachtungen gewonnenen Werthe stellen die Stromstärken dar, bei welchen im Durchschnitte die verschiedenen Nerven und Muskeln minimal erregbar sind. Aus der Bestimmung der unteren und oberen Grenzwerthe erhielt Stintzing Mittelwerthe, welche als massgebend betrachtet werden dürfen für den Vergleich mit anderen Untersuchungsresultaten. Natürlich gelten diese Werthe nur für die Apparate und den Elektrodenquerschnitt, mit welchem sie gemacht worden sind und erleiden hierdurch eine gewisse Beschränkung in ihrer Anwendung. Die Zahlen sind auf Tafel IV angegeben.

V. Elektrodiagnostik der Sinnesorgane.

1. Haut resp. sensible Nerven.

Die sensiblen Nerven zeigen für den galvanischen Strom eine Reaction sowohl auf Stromesschwankung, als auch auf Stromesdauer und zwar nach einem bestimmten Gesetze: zuerst tritt die Reaction auf bei Ka S, dann folgen An O, An S, Ka O. Der faradische Strom erzeugt eine prickelnde, stechende Empfindung, an der Ka des Oeffnungsstromes stärker als an der An. Die Empfin-

dung ist um so stärker, je rascher die Unterbrechungen des primären Stromes in der Zeiteinheit vor sich gehen.

Eine besondere Methode zur Prüfung der faradocutanen Sensibilität hat Erb mittels einer eigens dazu construirten Elektrode angegeben. Diese besteht aus einem Hartgummirohr (s. Fig. 66a), in welchem sich eine grosse Anzahl von einander isolirten Metalldrähten befinden. Die Oberfläche dieses Rohres wird glatt abgeschliffen, so dass der Strom aus sämmtlichen Querschnitten der Metalldrähte in die Haut dringen kann. (s. Fig. 66b). Setzt man diese Elektrode auf eine beliebige Hautstelle, so kann man durch Verschiebung der secundären Spirale zunächst den Rollenabstand bestimmen, bei welchem man zuerst eine Empfindung auf der Haut verspürt, ferner dann den Rollenabstand, welcher zuerst Schmerz erzeugt. Untersucht man auf diese Weise verschiedene Stellen des Körpers, so erhält man ein Bild von der faradocutanen Sensibilität des Körpers, welche je nach verschiedenen Stellen ausserordentlich differirt. Die erste Tabelle auf Tafel IV enthält die von Erb an zwei Personen nachgewiesenen Grenzwerthe, die andere die aus einer Reihe von Versuchen gewonnenen Mittelwerthe.

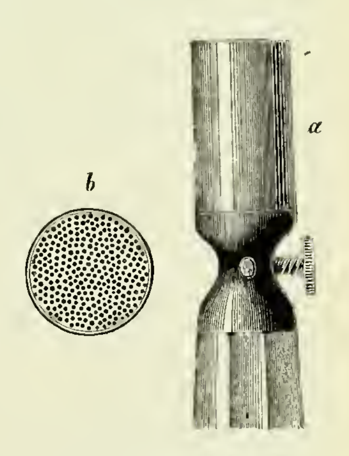


Fig. 66. Erb'sche Elektrode zur faradocutanen Sensibilitätsprüfung.

2. Das Auge.

Dass das Auge überhaupt durch den elektrischen und zwar speciell durch den galvanischen Strom zu erregen ist, geht aus der Thatsache hervor, dass man von

jedem stärkeren Strome, welcher entweder am Auge selbst oder auch nur in seiner Nähe, z. B. an den Wangen, applicirt wird, Lichtblitze vor den Augen verspürt, welche nur auf eine directe Reizung des Sehnerven resp. der Retina bezogen werden können. Auf den faradischen Strom ist bisher noch keine specifische Reaction des Optikus nachgewiesen worden.

Die galvanische Reaction des Optikus besteht in Folgendem: Setzt man die indifferente Elektrode auf den Nacken, die differente in Form einer kleinen Plattenelektrode auf das geschlossene Auge, so erhält man beim Schliessen wie beim Oeffnen des Stromes Lichtempfindungen, welche nach den Polen verschieden sind in der Weise, dass das Kathodenschliessungsbild (Ka S B) dem Anodenöffnungsbild (An O B), das Kathodenöffnungsbild (Ka O B) dem Anodenschliessungsbild (An S B) entspricht. Jedes Lichtbild hat ein Centrum mit einem anders gefärbten Hof:

Ka S:	blaues	Centrum	und	gelbgrüner Hof,
Ka O:	gelbgrünes	„	„	blauer „
An S:	„	„	„	„ „
An O:	blaues	„	„	gelbgrüner „

Die Farben des Centrums wechseln also je nach Kathode oder Anode mit den Farben des Hofes ab.

Die zur Erzielung dieser Reactionen nothwendigen Stromstärken sind meistens sehr gering (0,2—1,0 M. A.).

Nach neueren Untersuchungen ist die Reihenfolge der Reactionen: An S, Ka O, Ka S, An O.

An verschiedenen Menschen ist die Reaction auf die galvanische Reizung des Optikus keine einheitliche, indem oft die Lichtbilder und ihre Höfe andere Configurationen als die eben erwähnten haben. Immer aber wiederholt sich das eben beschriebene Gesetz der Umkehrung der Farbenerscheinungen der verschiedenen Polen.

3. Das Gehör.

Der Gehörnerv wird in der Weise untersucht, dass die indifferente Elektrode auf den Nacken, die differente meistens als Erb'sche Normalelektrode auf den Tragus gesetzt wird, wobei der äussere Gehörgang nicht vollständig verschlossen werden darf. Auch der Akustikus reagirt nur auf den galvanischen Strom und zwar mit folgenden in einer bestimmten Reihenfolge auftretenden Gehörsensationen (Kl = Klang):

Ka S Kl
Ka D Kl > (= langsam abklingend)
Ka O —
An S —
An D —
An O Kl,

auf Ka O, An S und An D erfolgt also keine Reaction.

Dem Nachweise dieser sogenannten Normalformel stehen verschiedene Uebelstände entgegen, vor allen Dingen der, dass an gesunden Menschen die Reactionen nur zu erzielen sind mit höheren Stromstärken (4 bis 8 M. A.) und dass diese mit höchst unangenehmen Gehirnreizungen in Form von Uebelkeit und Schwindel und Augenreizungen in Form von heftigsten Lichtblitzen verbunden sind. Wenn hingegen die Normalformel des Akustikus schon auf ganz geringe Stromstärken auftritt, so besteht bereits ein pathologischer Zustand des Gehörnerven (Gradenigo).

4. Geschmacksnerven.

Während der Application des galvanischen Stromes am Kopfe mit nur etwas höheren Stromstärken beobachtet man eine Wirkung auf die Geschmacksnerven, zunächst nur in Form eines undefinirbaren Geschmacks. Setzt man zwei Plattenelektroden auf beide Wangen, so spürt man auf der Anodenseite einen saueren, auf der Kathoden-

seite einen scharfen salzigen Geschmack. Diese Geschmacksempfindungen sind nicht nur nach Schliessung und Oeffnung des Stromes, sondern auch während der Stromesdauer vorhanden. Man kann auch direct den Geschmack elektrisch prüfen, indem man die Pole in Form von feinen Spitzenelektroden abwechselnd auf die verschiedenen Theile der Zunge wirken lässt. Auch hierbei tritt an der Anode ein sauerer, an der Kathode ein salziger Geschmack auf.

Auf den faradischen Strom reagiren die Geschmacksnerven nicht specifisch.

5. Geruchsnerv.

Ueber die normale Reaction des Geruchsnerven auf den elektrischen Strom weiss man noch sehr wenig. Der faradische Strom ist jedenfalls ohne Wirkung.

Für den galvanischen Strom liegen Beobachtungen vor von Aronsohn, welcher nach Einführung einer eichelförmigen Elektrode in die mit 0,78 % Kochsalzlösung von 38° gefüllte Nase eine ganz specifische Geruchsempfindung wahrnahm, welche nur auf Ka S und An O auftrat, hingegen auf Ka O und An S ausblieb. Weitere Versuche fehlen noch.

VI. Veränderungen der normalen elektrischen Erregbarkeit.

1. Motorische Nerven und Muskeln.

Die Veränderungen der normalen elektrischen Erregbarkeit der motorischen Nerven und Muskeln theilen sich in zwei Hauptgruppen:

A. Quantitative Veränderungen;
B. Quantitativ - qualitative Veränderungen.

Die erste Gruppe umfasst nur Veränderungen in der zur Erzielung der Minimalzuckung erforderlichen Stromstärke, in der zweiten Gruppe treten zu diesen quantitativen Veränderungen auch noch Veränderungen in der Form der Muskelzuckung.

A. Quantitative Veränderungen.

Diese können bestehen in:

a) Erhöhung der Erregbarkeit ($E \nearrow$);
b) Herabsetzung der Erregbarkeit ($E \searrow$).

a) Erhöhung der Erregbarkeit.

Eine Erhöhung der Erregbarkeit besteht dann, wenn ein Nerv oder ein Muskel schon auf eine geringere Stromstärke (geringere Anzahl von M. A., grösserer Rollenabstand) als normal die Minimalzuckung zeigt. Für den galvanischen Strom kommt noch hinzu, dass bei Nervenreizung öfters eine An O Z sehr früh und sehr stark auftritt und dass sich ein An O Tc einstellen kann. Die Entscheidung, welche Reaction für den betreffenden Nerven oder Muskel als normal angenommen werden darf, beruht bei einseitigen Affectionen auf einem Vergleiche mit der gesunden Seite, vorausgesetzt, dass der Leitungswiderstand auf beiden Seiten gleich ist, bei doppelseitigen Affectionen auf dem Vergleiche mit den Stintzing'schen Normalwerthen.

Die Erhöhung der Erregbarkeit ist ein seltenes Vorkommniss. Sie findet sich unbestreitbar in folgenden Fällen:

a) bei ganz frischem Hemiplegien mit motorischen Reizerscheinungen;

b) im Anfangsstadium von Hirntumoren;

c) bei der dementia paralytica;

d) bei spinalen Erkrankungen: beginnende Myelitis, commotio medullae spinalis, im Anfangsstadium der Lateralsklerose und der Tabes;

e) bei peripherischen Erkrankungen, besonders in ganz frischen Fällen von rheumatischen Lähmungen, bei der acuten Neuritis, bei Drucklähmung des Radialis;

f) bei der progressiven Muskelatrophie, sowohl im Beginn der Krankheit, als auch in vorgeschrittenerem Stadium,

und in Muskeln, welche von der Atrophie noch nicht ergriffen sind;

g) bei Krampfformen, vor allem bei Tetanie und Hemichorea.

b) Herabsetzung der Erregbarkeit.

Die Herabsetzung der Erregbarkeit ist eine viel häufigere Erscheinung als die Erhöhung. Sie besteht für den faradischen Strom darin, dass zur Erzielung der Minimalcontraction geringere Rollenabstände, also höhere Stromstärken nothwendig sind als normal, für den galvanischen Strom ausser in der gleichfalls vorhandenen höheren Stromstärke noch darin, dass am Nerv entweder keine Ka OZ mehr erfolgt oder dass An OZ und An SZ abnehmen und sogar verschwinden können, so dass man schliesslich nur noch auf Ka SZ mit sehr hohen Stromstärken eine Reaction erhält.

Für beide Stromesarten kann die Herabsetzung der Erregbarkeit eine so hochgradige werden, dass selbst mit den höchsten Stromstärken weder vom Nerv noch vom Muskel aus eine Reaction erzielt werden kann. Die Erregbarkeit ist in diesem Falle erloschen ($E = 0$).

Eine Folge der aufgehobenen Erregbarkeit von Nerv und Muskel kann darin bestehen, dass andere Muskeln als die gereizten sich auf den elektrischen Reiz contrahiren. Bei einer aufgehobenen faradischen Reizbarkeit der Extensoren am Vorderarm werden z. B. die Flexoren zucken, wenn man die Extensoren faradisch reizt. Bei Facialislähmungen tritt, wenn der Facialisstamm und die Muskeln faradisch unerregbar sind, nach Reizung der Nerven oft eine Contraction des masseter ein. Wahrscheinlich geht in diesen Fällen der Strom durch die nicht mehr erregbaren Muskeln einfach hindurch und greift auf die Nachbarschaft über. Die Kenntniss dieser Erscheinungen ist aber wichtig, da sie immer einen Rückschluss erlauben auf den Grad der Lähmung.

Auch für die Herabsetzung der Erregbarkeit dienen

als Vergleich mit normalen Reactionen: Bei halbseitigen Affectionen die gesunde Seite, mit genauer Berücksichtigung des Leitungswiderstandes, bei doppelseitigen Affectionen die Stintzing'schen Grenzwerthe.

Die Herabsetzung der Erregbarkeit findet sich in folgenden Fällen:

1. in ganz alten Fällen von cerebralen Lähmungen, jedoch nur ausnahmsweise;

2. häufiger bei Bulbäraffectionen, besonders häufig bei der progressiven Bulbärparalyse;

3. bei spinalen Erkrankungen: tabes dorsalis, spastischer Spinalparalyse, Myelitis chronica, multipler Sklerose, Spinalaffectionen der Paralytiker;

4. bei peripherischen Lähmungen: Drucklähmungen des Radialis, bei leichten Formen von Facialislähmungen und bei der multiplen Neuritis;

5. bei Muskelatrophieen, sowohl bei den durch Inactivität bedingten (namentlich nach Immobilisationsverbänden), als auch vor allem bei den primären myopathischen Formen der progressiven Muskelatrophie, ferner bei der Pseudohypertrophie der Muskeln.

B. Die Entartungsreaction (Ea R).

Ungleich wichtiger als der Nachweis der Erhöhung oder der Herabsetzung der elektrischen Erregbarkeit ist der Nachweis der Entartungsreaction.

Man versteht unter derselben einen Complex von Veränderungen der Erregbarkeit, welcher sich aus quantitativen und qualitativen Abnormitäten zusammensetzt, verschieden ist in Bezug auf die Reaction von Nerv und Muskel und immer ganz bestimmten anatomischen Veränderungen entspricht. In der Möglichkeit, diese anatomischen Veränderungen nachweisen zu können, liegt die diagnostische und prognostische Bedeutung der Entartungreaction.

Man unterscheidet in Hinsicht auf die Intensität der Entartungsreaction eine complete und eine partielle Ea R.

1. complete Ea R. Wird ein motorischer Nerv von einer Affection betroffen, welche zu einer completen Ea R führen muss, so sind die Erscheinungen derselben folgende:

a) Nerv: Am Nerven tritt für beide Stromesarten eine von Tag zu Tag zunehmende Herabsetzung der Erregbarkeit auf, welche schliesslich nach mehreren Wochen zur vollkommenen Aufhebung der Erregbarkeit führt, Ea = 0.

b) Muskel: Der Muskel zeigt analog dem Nerven gegen den faradischen Strom eine zunehmende Herab-

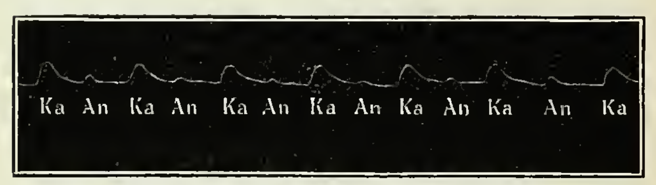


Fig. 67. Normale Muskelzuckung Ka S Z > An S Z.

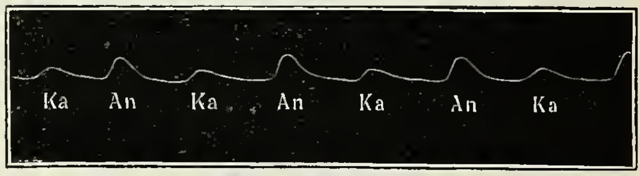


Fig. 68. Träge Muskelzuckung An S Z > Ka S Z.

setzung der Erregbarkeit bis zur völligen Aufhebung derselben nach mehreren Wochen, E = 0.

Die Untersuchung mit dem galvanischen Strom hingegen ergiebt am Muskel folgende charakteristische Eigenthümlichkeiten:

1. Die Erregbarkeit des Muskels ist erhöht, es gelingt schon mit ganz schwachen Strömen, Zuckungen hervorzurufen.

2. An S Z überwiegt die Ka S Z.

Die Zuckungen verlieren ihren normalen blitzartigen Charakter, sie werden träge, langgezogen, wurmförmig (s. Fig. 67 und 68).

Das Bild der completen Ea R stellt sich also folgendermassen dar:

Nerv:
faradisch: E = o
galvanisch: E = o
Muskel:
faradisch: E = o
galvanisch: E $\nearrow$
An SZ > Ka SZ
Z = tr.

2. Die partielle Ea R unterscheidet sich von der completen nur durch eine geringere Intensität der Erscheinungen: Die Erregbarkeit des Nerven für beide Stromesarten, die des Muskels für den faradischen Strom ist nur herabgesetzt, aber nicht ganz aufgehoben, während die galvanische Untersuchung des Muskels das gleiche Resultat ergiebt, wie bei der completen Ea R.

Nerv:
faradisch: E $\swarrow$
galvanisch: E $\swarrow$
Muskel:
faradisch: E $\swarrow$
galvanisch: E $\swarrow$
An SZ > Ka SZ
Z = tr.

Zwischen der completen und der partiellen Ea R kommen die denkbar möglichsten Uebergänge vor, ausserdem kann eine partielle Ea R allmählich in eine complete übergehen.

Das Bild der completen Ea R ist nicht allzu häufig, am meisten findet sich die partielle Ea R mit mehr oder minder bedeutenden Einschränkungen, d. h. Fehlen dieses

oder jenes Symptoms, z. B. der Erhöhung der galvanischen Erregbarkeit des Muskels, des Ueberwiegens der An S Z u. s. w. Streng festzuhalten ist aber, dass ganz nothwendigerweise zur Diagnose der Ea R gehört, dass die Muskeln auf die galvanische Reizung hin träge zucken: Diese träge Zuckung ist das Charakteristikum der Ea R, ohne welches sie niemals diagnosticirt werden darf. Wenn auch alle anderen abnormen Erscheinungen an Nerv und Muskel fehlen, so darf doch eine Ea R angenommen werden, sobald der Muskel galvanisch träge zuckt.

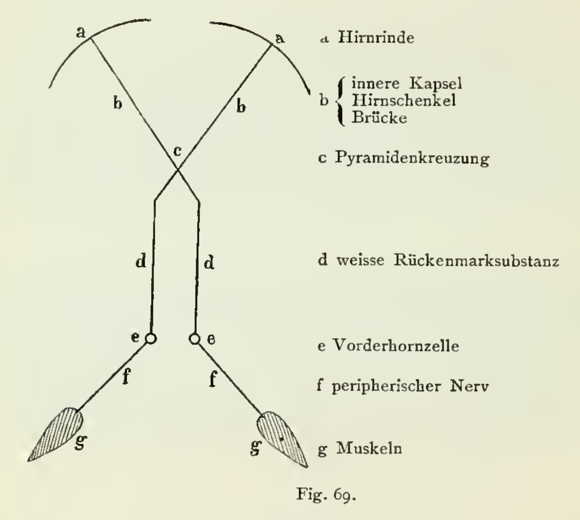


Fig. 69.

Vorkommen der Ea R.

Das Auftreten der Ea R ist der klinische Nachweis dafür, dass Nerv und Muskel von ihrem trophischen Centrum getrennt worden sind. Für die peripherischen Nerven liegen die trophischen Centra in den Ganglienzellen der Vorderhörner des Rückenmarks, für die Hirnnerven in den Kernen des verlängerten Marks. Es wird sich daher Ea R finden bei allen Affectionen (s. Fig. 69),

welche entweder e oder f betreffen, d. h. die grauen Vorderhörner selber resp. die Bulbärkerne, oder den peripherischen motorischen Nerven.

Man wird daher eine Ea R erwarten dürfen:

1. bei primären Erkrankungen der Vorderhörner selber:
   Poliomyelitis anterior acuta (essentielle Kinderlähmung,
   Poliomyelitis anterior chronica,
   Spinale progressive Muskelatrophie,
   Amyotrophische Lateralsklerose;
2. bei secundären Erkrankungen der Vorderhörner:
   Haematomyelie,
   Compression der Vorderhörner durch Tumoren,
   Syringomyelie mit Betheiligung der Vorderhörner;
3. bei peripherischen Lähmungen der verschiedensten Art:
   rheumatischen,
   toxischen (Blei, Alcohol, Syphilis, Tuberkulose),
   traumatischen (Druck, Stoss, Quetschung, Durchschneidung).
   bei Lähmungen nach acuten Infectionskrankheiten (Typhus, Diphtheritis, Scharlach, Masern);
   bei Neuritis;
4. bei Affectionen der medulla oblongata mit Betheiligung der Nervenkerne, also vor allen Dingen bei der progressiven Bulbärparalyse.

Hingegen wird niemals eine Ea R vorkommen bei Lähmungen cerebralen Ursprungs, also bei Hemiplegien, bei Lähmungen durch Rindenaffectionen, bei Läsion der motorischen Bahn oberhalb der medulla oblongata, bei Läsion der Pyramidenbahn des Rückenmarks, vor Allem niemals bei functionellen (namentlich hysterischen) Lähmungen, schliesslich niemals bei primären myopathischen Erkrankungen.

Das Auftreten einer completen oder partiellen Ea R hängt nun ab von der Schwere der schädigenden Läsion, d. h. von dem Grade, bis zu welchem der trophische

Einfluss der Bulbärkerne und der grauen Vorderhörner auf Nerv und Muskel unterbrochen ist. Bei einer vollkommenen Durchschneidung eines Nerven wird selbstredend der trophische Einfluss absolut aufgehoben sein und in dem abgetrennten peripherischen Stück des Nerven wird sich ebenso wie im Muskel eine complete Ea R zeigen. Anders hingegen bei einer beginnenden Bleilähmung. Diese wird nicht sofort den ganzen Nervenquerschnitt befallen, sondern es werden in dem Nerven neben noch ganz gesunden schon erkrankte Fasern liegen. In diesem Falle wird die Ea R nur eine partielle sein. Bei der Poliomyelitis anterior acuta, welche in einer vollständigen Atrophie der Ganglienzellen der grauen Vorderhörner besteht, wird ebenfalls complete Ea R eintreten müssen, bei der spinalen Muskelatrophie, welche nicht sofort alle Ganglienzellen der Vorderhörner zu befallen braucht, wird sich nur partielle Ea R finden, weil neben erkrankten Ganglienzellen noch gesunde liegen.

Auch für die peripherischen Lähmungen kommt es lediglich auf die Intensität der schädigenden Läsion an. Der beste Beweis hierfür ist die rheumatische Facialislähmung, bei welcher drei verschiedene Intensitätsgrade vorkommen können: keine oder höchstens geringe quantitative Veränderungen der Reaction, partielle Ea R, complete Ea R, je nachdem die Anzahl der gesunden oder der erkrankten Fasern im Facialis überwiegt.

Aus dem soeben Gesagten erhellt die diagnostische und prognostische Bedeutung der Ea R. Wo eine solche vorkommt, kann man immer auf einen peripherischen Sitz der Affection schliessen. Hingegen darf man niemals aus dem Fehlen der Ea R folgern, dass es sich um keine peripherische handelt. Für die Prognose ist das Auftreten einer Ea R immer ein malum omen, ein schlechteres noch, wenn die partielle Ea R in eine complete übergeht, wodurch eine tiefergreifende Zerstörung von Nerv und Muskel zur Gewissheit wird.

Der Nachweis der trägen Zuckungen ist in ausge-

sprochenen Fällen sehr leicht; dagegen oft sehr schwierig da, wo die überwiegende Mehrzahl von Muskelfasern noch gesund ist. Hier gilt es, jede einzelne Stelle des Muskels sorgsam abzusuchen. Noch schwieriger sind die Uebergangsformen zwischen normalen und trägen Zuckungen zu erkennen. Hier kann nur grosse Erfahrung entscheiden.

Die anatomischen Grundlagen der Entartungsreaction.

Die Entartungsreaction ist der Ausdruck einer degenerativen Atrophie von Nerv und Muskel und durch ihr Auftreten ist die einzige Möglichkeit gegeben, die degenerative Atrophie von der einfachen zu unterscheiden. Die Veränderungen, welche der Entartungsreaction zu Grunde liegen, sind in Kürze folgende:

Nerv. Körnig-schollige Degeneration der Markscheide, Erweichung des Achsencylinders, Kernwucherung der Schwamm'schen Scheide, Kernwucherung des Neurilems.

Muskel. Atrophie der einzelnen Muskelfibrillen mit fettiger Degeneration, enorme Wucherung der Zellkerne und des interstitiellen Bindegewebes, welches in den höchsten Graden der Wucherung den Muskel zu einer bindegewebigen Masse verwandeln kann, Aufhebung der Querstreifung.

Eine derartige degenerative Atrophie tritt nur ein, wenn der trophische Einfluss auf Nerv und Muskel unterbrochen resp. ganz aufgehoben ist, also nur unter den Umständen, welche Entartungsreactionen hervorrufen. Niemals hingegen wird sich bei den einfachen oder den Inactivitätsatrophieen eine derartige Degeneration, und daher auch niemals Entartungsreactionen vorfinden.

Ablauf der Entartungsreaction.

Der Ablauf der Entartungsreaction richtet sich ganz nach den anatomischen Veränderungen an Nerv und Muskel. Wenn diese Veränderungen sich wieder regeneriren, so wird auch die Entartungsreaction sich zurück-

bilden, wenn hingegen keine Regeneration eintritt, so wird die zuerst vielleicht nur partielle Ea R zu einer completen werden, um schliesslich einer absolut erloschenen Nerv- und Muskelerregbarkeit Platz zu machen.

Wann bei einer schweren traumatischen Lähmung eines Nerven sich eine Regeneration desselben einstellt, ist natürlich verschieden nach der Schwere der Läsion. Zunächst wird entsprechend der bestehenden Degeneration die elektrische Erregbarkeit des Nerven für beide Stromesarten, des Muskels für den faradischen Strom ganz aufgehoben sein, während die galvanische Muskelreizung die oben beschriebenen Resultate ergiebt. Dieser Zustand kann Wochen und Monate lang dauern.

Findet dann allmählich eine Regeneration statt, so kehrt ganz langsam die Nervenerregbarkeit zurück, gewöhnlich zuerst in dem der Läsion am nächsten gelegenen Nervenstück, um von hier aus zur Peripherie vorzuschreiten. Viel später verschwinden erst die pathologischen Reactionen am Muskel, so dass man gelegentlich beobachten kann, wie die vom Nerv ausgelösten Muskelzuckungen normal sind, die vom Muskel direct erhaltenen hingegen noch träge. Zuerst kehrt gewöhnlich die faradische Erregbarkeit des Muskels znrück, dann erst verschwinden die anormalen galvanischen Reizungserscheinungen.

Tritt aber keine Regeneration ein, ist also der Fall unheilbar, so bęsteht vom Nerven aus die aufgehobene faradische und galvanische Erregbarkeit fort, ebenso die faradische Unerregbarkeit des Muskels, während die galvanische Reizbarkeit des Muskels immer mehr und mehr sinkt, die Ka SZ völlig verschwindet und schliesslich nur noch eine mit den höchsten Stromstärken zu erzielende An SZ von ganz trägem Charakter übrig bleibt.

Sehr interessant ist die Erscheinung, dass in den betreffenden Muskeln bereits eine Wiederkehr der Motilität stattfindet, während die elektrische Erregbarkeit noch die schwersten Veränderungen zeigt, ein Beweis dafür, dass die Leitungsfähigkeit des Nerven für den Willen und

seine elektrische Reizbarkeit zwei verschiedene Functionen desselben sein müssen.

Eine Besprechung der verschiedenen Varietäten der Entartungsreaction kann als zuweit gehend nicht stattfinden.

C. Die myotonische Reaction.

Eine merkwürdige Veränderung der elektrischen Reaction des Nerven und Muskels findet sich bei der Myotonia congenita (Thomsen'sche Krankheit):

1. Faradische Reaction. Während für einzelne Oeffnungsschläge Nerv und Muskel ganz normale Erregbarkeit zeigen, ergiebt die Untersuchung mit dem gewöhnlichen intermittirenden faradischen Strom eine Contraction des Muskels, welche auch nach der Stromesöffnung noch anhält (Nachdauer der Contraction).

2. Galvanische Reaction. Bei der directen Muskelreizung ergeben ganz schwache Ströme, welche eben noch die Minimalzuckung hervorrufen, normale Reactionen. Sobald man aber nur etwas über den Minimalreiz hinausgeht, antwortet der Muskel, oft unter Ueberwiegen der Anode, fast immer mit Zuckungsträgheit und vor allen Dingen mit einer langen Nachdauer der Contraction (5—30″), wobei die Contractionen langsam an Stärke zunehmen und an verschiedenen Stellen des Muskels eine tiefe Furchenbildung hervorrufen. Reizt man den Muskel, indem man die Elektroden nicht auf den Muskel selbst, sondern in die Nähe seiner Insertion, z. B. für die Extensoren des Vorderarmes auf die Hand, aufsetzt, so entstehen wellenförmige rhythmische Contractionen im ganzen Muskel in der Richtung von der Kathode zur Anode. In einzelnen Fällen wurden diese eigentlich nur bei der stabilen galvanischen Reizung auftretenden Erscheinungen auch bei stabiler directer faradischer Reizung beobachtet. Die Nachdauer der Contraction kann zum Verschwinden gebracht werden, wenn man längere Zeit hindurch ohne grosse Pausen Reizungen mit beiden

Stromesarten vornimmt. Die rhythmischen wellenförmigen Contractionen sind nicht in jedem Falle vorhanden.

Bei der galvanischen Nervenreizung reagiren die Nerven auf gewöhnliche Einzelreize ganz normal, sobald man aber die Nerven längere Zeit labil reizt, so treten dieselben Erscheinungen auf wie bei der directen galvanischen Muskelreizung.

2. Sinnesorgane.

A. Haut (sensible Nerven). Die Störungen der elektrischen Erregbarkeit der sensiblen Hautnerven, welche sich klinisch sowohl als Parästhesien wie auch als Anästhesien kundgeben können, werden nachgewiesen mit der Erb'schen Elektrode zur Prüfung der faradocutanen Sensibilität, wie an folgendem Beispiel gezeigt werden soll (eigene Beobachtung):

Durchschneidung des rechten ulnaris am Handgelenk, Anästhesie auf der Volarseite des fünften Fingers.

Hypothenar	r.	87	m. m.
	l.	92	„
Spitze des fünften Fingers	r.	54	„
	l.	97.	„

B. Auge. Ueber Veränderung der normalen elektrischen Erregbarkeit des Auges ist so gut wie nichts bekannt. Die bisher in dieser Beziehung gemachten Beobachtungen entbehren der Sicherheit.

C. Ohr. Als abnorme Zustände der elektrischen Erregbarkeit des Gehörnerven finden sich folgende:

a) Einfache Hyperästhesie. Diese besteht darin, dass die Normalformel schon bei ganz schwachen Strömen ausgelöst werden kann, ohne dass dabei die Form selbst eine wesentliche Aenderung erleidet. Wie oben schon erwähnt, wird die Normalformel bei gesundem Gehörorgan nur ganz selten nachgewiesen werden können, weil man dabei zu hohe Stromstärken in Anwendung bringen muss.

Kann man hingegen die Normalformel schon mit geringen Stromstärken erzielen, so liegt der Beweis vor, dass

der Gehörnerv abnorm reagirt und hyperästhetisch ist. Der Nachweis der Normalformel gelingt dann ohne alle die oben beschriebenen üblen Nebenerscheinungen.

Bei der Hyperästhesie des Akustikus sind die im Ohr empfundenen Klangsensationen viel intensiver als normaler Weise. (Kl′ u. Kl″.) Der Ka S Kl kann ausserdem während der ganzen Schliessungsdauer anhalten (Ka D Kl ∞), ohne wie normaler Weise allmählich abzunehmen, ferner kann auch der An O Kl lange andauern, um dann allmählich zu verschwinden. Also:

Ka S Kl″
Ka D Kl ∞
Ka O —
Ka S —
An D —
An O Kl′ $>$.

Häufig ist die einfache Hypcrästhesie des Akustikus begleitet von der sogenannten paradoxen Reaction: wenn man bei einer einseitigen Ohrenerkrankung die Elektrode an dem gesunden Ohre anbringt, so reagirt das kranke Ohr, an welchem sich keine Elektrode befindet, bereits auf geringe Stromstärken mit der Normalformel, während diese am gesunden Ohr normaler Weise erst bei viel höheren Stromstärken oder auch gar nicht empfunden wird. Es kommt diese Erscheinung davon her, dass der erkrankte Hörnerv in Folge seiner gesteigerten Erregbarkeit schon durch die Stromschleifen, welche normaler Weise das nicht dircct mit der Elektrode in Berührung stehende Ohr treffen, erregt werden kann.

Die einfache Hyperästhesie des Akustikus findet sich sehr häufig, oft auch ohne bedeutende subjective Störungen des Gehörorganes und ohne dass objective Veränderungen an demselben nachgewiesen werden können. Die einzige öfters vorhandene subjective Abnormität ist Ohrensausen. Die einfache Hyperästhesie findet sich aber auch bei schwereren Gehörleiden: bei eitriger Mittelohrenentzündung,

beim chronischen Katarrh, bei Sklerose der Trommelhöhle, bei Caries des Felsenbeins und nach Schädelfracturen.

b) Hyperästhesie des Akustikus mit Anomalie der Normalformel. Es tritt ausser den normalen Klangerscheinungen noch hinzu: An S Kl, An D Kl, oft auch noch Ka O Kl. Diese drei neuen Reactionen sind meistens in ihrer Art verschieden von den normalen Klangempfindungen, und bestehen in Sausen, Zischen, Brummen, Pfeifen, immer aber sind die Empfindungenbei An S, An D, Ka O unter sich völlig gleich.

In ganz schweren Fällen können die normalen Klangsensationen ganz verschwinden und nur die starken abnormen vorhanden sein. Es besteht dann eine vollkommene Umkehrung der Normalformel:

Ka S —
Ka D —
Ka O Kl >
An S Kl
An D Kl
An O —

Alle diese Veränderungen finden sich nur bei hohen Graden von Schwerhörigkeit nach schweren Mittelohr- und Labyrintherkrankungen, die Umkehr der Normalformel speciell nur nach Labyrinthaffectionen.

Elektrotherapie.

Die Elektrotherapie ist die Lehre, von dem Gebrauche der Elektricität zu therapeutischen Zwecken. Man kann die Elektricität als Heilmittel anwenden, indem man dieselbe auf die äussere unverletzte Haut oder auf die von aussen zugänglichen Körperhöhlen (anus, vagina etc.) wirken lässt, ferner in der Form der Elektrolyse und schliesslich als Galvanokaustik. Die erste Anwendungsform bildet das Gebiet der Elektrotherapie im engeren Sinne des Wortes und ist für den praktischen Arzt das weitaus wichtigste.

Während über den Werth der Elektrolyse und Galvanokaustik Differenzen wohl kaum bestehen dürften, wird die Elektrotherapie in engerem Sinne des Wortes ausserordentlich verschieden beurtheilt. Die Einen erblicken in ihr ein Heilmittel, das geradezu als Panacee betrachtet werden müsse und in keinem Falle unversucht bleiben dürfe, Andere hingegen sprechen dem elektrischen Strom jede therapeutische Wirkung ab und erklären die nicht abzuleugnenden Erfolge als Täuschung, im besten Falle als Suggestionswirkung. Die Gegner der Elektrotherapie überwiegen heutigen Tages, nachdem Forscher, welchen man die grösste Erfahrung auf diesem Gebiete zuschreiben muss, sich offen zum Nihilismus in der Anwendung der Elektricität zu Heilzwecken bekannt haben.

Beide Anschauungen stellen Extreme dar. Ganz gewiss wird man sich vor kritiklosem Gebrauch des elektrischen

Stromes hüten müssen, aber muss man denselben als Heilmittel darum ganz verurtheilen?

Zugegeben werden muss, dass es noch ganz an grundlegenden experimentellen Arbeiten über die therapeutische Wirkung der Elektricität fehlt. Die ganze Elektrotherapie baut sich noch mehr oder minder auf rein empirischer Basis auf und ist Glaubenssache jedes Einzelnen. Auf derselben Empirie beruhen aber auch eine ganze Reihe von anerkannten medicamentösen Heilmitteln: warum gerade Jod heilend auf syphilitische Neubildungen wirkt, ist auch bisher noch ganz unklar, und doch wird kein Arzt Bedenken tragen, einen Syphilitischen mit Jod zu behandeln.

Richtig ist ferner ganz entschieden die Ansicht der Gegner der Elektrotherapie, dass oft die heilende Wirkung des elektrischen Stromes nur eine Suggestionswirkung sei; ob man gerade einen so hohen Procentsatz wie $^4/_5$ annehmen darf, ist allerdings Ansichtssache. In vielen Fällen, vor allen bei functionellen Erkrankungen des Nervensystems, wird der Elektrotherapeut zielbewusst mit dem elektrischen Strom, vor allem mit dem faradischen, suggestiv wirken wollen. In diesem Punkte sind Alle einig.

Eine andere Frage ist die, ob man die Wirkung der Elektricität auch bei anderen als rein functionellen Erkrankungen nur als suggestiv auffassen muss, d. h. ob die elektrotherapeutische Manipulation nur das Mittel ist, um auf den Kranken, der sich behandelt fühlt, heilend einzuwirken, während die Elektricität an und für sich dabei gar keine Rolle spielt. Einen absolut schlagenden Beweis, dass die Elektricität heilend auf organische Veränderungen — vor allem des Nervensystems — wirkt, haben wir allerdings noch nicht.

Es wäre ganz falsch zu behaupten, dass, weil einmal eine Lähmung durch Elektricität günstig beeinflusst worden ist, nun in dem elektrischen Strom ein unfehlbares Mittel gegeben sei, alle Lähmungen damit zu heilen. Das behaupten nur Enthusiasten, welche die Selbsttäuschung

nicht merken. Dass man aber umgekehrt aus der Thatsache, dass einmal die Elektricität bei der Behandlung einer Lähmung im Stich gelassen hat, gleich folgern darf, dass die Elektricität Lähmungen überhaupt nicht beeinflussen könne, ist doch wiederum ein zu extremer Standpunkt. Mit dem absoluten Verzicht auf elektrische Behandlung fällt leider auch die Möglichkeit fort, sich über die heilenden Wirkungen der Elektricität Klarheit zu verschaffen, und darunter leidet nicht nur der Patient, sondern auch der Arzt!

Sehr zu beachten ist ferner, dass die Elektricität merkwürdig verschieden auf den Menschen wirkt. Woran das liegt, weiss man nicht, aber aus dieser Thatsache erklären sich vielleicht die grellen Widersprüche der verschiedenen Aerzte. Von zwei ganz gleichen Neuralgien bei zwei Personen kann die eine durch Elektricität in kurzer Zeit beseitigt werden, während die andere auch der consequentesten elektrischen Behandlung nicht weicht. Hier spielen eben Verhältnisse mit, welche man noch nicht übersehen kann, und der Elektrotherapeut muss bescheiden sein Unvermögen zugestehen.

Schliesslich hat man sich stets vor Augen zu halten, dass die Elektrotherapie immer nur einen Bruchtheil, und ich will gerne zugeben, einen recht kleinen, in der Reihe der möglichen Behandlungsmethoden darstellt. Nichts wäre falscher, als in ihr die einzige Art zu sehen, die betreffende Krankheit zu beeinflussen. Der Elektrotherapeut und vor allem der Nervenarzt, muss durchaus ein allgemein durchgebildeter Arzt sein, der auch andere Behandlungsmethoden versteht.

In diesem Sinne möge auch das Folgende verstanden werden. Die gegebenen Beschreibungen bilden nur einen Fingerzeig für die elektrische Behandlung, welche bei bestimmten Krankheiten versucht zu werden verdienen, dürfen aber nicht als ausschliessliche Behandlungsmethode der betreffenden pathologischen Zustände aufgefasst werden.

Allgemeine Regeln zur Anwendung der Elektricität

zu Heilzwecken lassen sich nicht viele geben. Die elektrische Behandlung muss in erster Linie streng individuell sein, d. h. sich in Wahl der Stromstärke und Wiederholung der Sitzungen nach jedem Falle richten. Nichts ist schädlicher für den Erfolg als schablonenhaftes „Abelektrisiren“.

Nur auf einen allgemeinen Satz möchte ich hinweisen: man gebe nie die Elektroden aus der Hand und lasse die elektrische Behandlung durch Laien ausführen. Ganz abgesehen davon, dass die Elektricität in den Händen Unbefugter körperlichen Schaden hervorrufen kann, namentlich weil ihnen der individualisirende Blick des erfahrenen Arztes fehlt, schädigt man auch vor allem die Würde der Behandlung und der Kranke verliert das so dringend nothwendige Zutrauen zu derselben. Das Bewusstsein, dass eine Naturkraft durch menschlichen Scharfsinn der Wissenschaft zugänglich gemacht worden ist, soll in dem Arzte auch das Gefühl des Stolzes erwecken, und dieser Stolz soll ihn davor bewahren, Unberufenen diese mühsam gebändigte Naturkraft anzuvertrauen!

I. Elektrotherapie im engeren Sinne des Wortes.

A. Allgemeine Elektrotherapie.

Entsprechend den drei Arten von Elektricität braucht man zu therapeutischen Zwecken:

die Galvanisation,
die Faradisation,
die Franklinisation.

Eine absolut scharfe Indication, wann man jede dieser drei Arten gebraucht, existirt nicht, in den meisten Fällen wird man sie combinirt mit einander anwenden. Die besonderen Fälle, in welchen man eine der drei Arten ausschliesslich in Anwendung zieht, werden unten besonders aufgeführt werden. Am wenigsten wird jedenfalls aus oben angeführten Gründen bis jetzt noch die statische Elektricität gebraucht.

1. *Die Galvanisation.*

Die therapeutischen Wirkungen des galvanischen Stromes sind diejenigen, von welchen man durchschnittlich den meisten Gebrauch macht. Wenn man auch bestimmte Theorien über die heilenden Wirkungen des constanten Stromes zur Zeit noch nicht aufstellen kann, so giebt es doch einige Gesichtspunkte, von denen aus sich die therapeutischen Erfolge vielleicht erklären lassen. Der constante Strom hat nämlich folgende Wirkungen:

a) Reizende Wirkungen. Nach den Gesetzen der Elektrodiagnostik steht fest, dass man sowohl Nerv als Muskel durch den constanten Strom „reizen", d. h. den Muskel zur Contraction bringen kann. Nichts liegt näher als der Gedanke, bei herabgesetzter oder aufgehobener willkürlicher Beweglichkeit eines Nerven oder Muskels den galvanischen Reiz zu benutzen, um den aufgehobenen oder herabgesetzten Willensreiz durch einen mechanischen äusserlichen zu ersetzen. Durch die Anwendung dieses Reizes werden lebhafte Muskelcontractionen hervorgerufen, von denen man annehmen kann, dass sie theils auf rein mechanisch-gymnastischem Wege heilsam wirken, theils aber auch indirect durch Beeinflussung der Circulation und durch reflectorische Wirkungen auf nervöse Centra. Man macht von den reizenden Wirkungen des galvanischen Stromes daher hauptsächlich Gebrauch zur Behandlung von Lähmungen.

b) Elektrotonische Wirkungen. Da die Kathode in ihrer Umgebung eine Erhöhung, die Anode in ihrer Umgebung eine Herabsetzung der Erregbarkeit des Nerven herbeiführt, so kann man daran denken, durch stabile Einwirkung der Pole diese beiden verschiedenen Wirkungen auf den Nerven entfalten zu lassen, also die Kathode dazu gebrauchen, wo die Erregbarkeit des Nerven gesunken ist — Lähmung bei den motorischen, Anästhesien bei den sensiblen Nerven — hingegen die Anode da, wo die Erregbarkeit erhöht ist — Krämpfe bei den moto-

rischen, Neuralgien oder Parästhesien bei den sensiblen Nerven. In Bezug auf die Herbeiführung des Anelektrotonus, also der die Erregbarkeit herabsetzenden Wirkung, ist dabei zu beachten, dass nach dem Aufhören des Anelektrotonus sofort die Herabsetzung der Erregbarkeit in eine beträchtliche Erhöhung derselben umschlägt. Um diese Modification zu verwenden, muss man daher die Vorsicht gebrauchen, bei Schluss der Behandlung die Elektroden nicht rasch zu entfernen, sondern den Strom mit Hilfe des Rheostaten langsam auf Null zu reduciren (Ausschleichen des Stromes).

In der Beurtheilung der Heilwirkungen des Elektrotonus muss man allerdings sehr vorsichtig sein, vor allen Dingen darum, weil es nicht gelingt, einen Pol isolirt auf den Nerven wirken zu lassen, ohne zugleich die secundäre Wirkung des entgegengesetzten virtuellen Poles zu erhalten (siehe Seite 73).

c) Die sogenannten katalytischen Wirkungen. Ausser den durch das physiologische Experiment festgestellten reizenden und elektrotonisirenden Wirkungen entfaltet der galvanische Strom noch andere, welche man nach dem Vorgange von Remak als katalytische zusammenfasst. Unter diesem Namen sind gewiss viele heterogene Dinge vereinigt, denen allen gemeinsam ist, dass man ihre Entstehung physiologisch noch nicht recht erklären kann und noch viel weniger weiss, warum sie heilend auf krankhafte Vorgänge wirken. Als katalytische Wirkungen bezeichnet man folgende:

α) Elektrolytische Vorgänge d. h. die Erscheinung der Zersetzung eines flüssigen Leiters durch den galvanischen Strom in Kationen und Anionen (Näheres siehe unter „Elektrolyse"), sind deutlich sichtbar auf der äusseren Haut, wo die von einer Kochsalzlösung durchtränkten Gewebe die Rolle des flüssigen Leiters spielen. Dass man eine directe Elektrolyse auf der Haut erzielen kann, lässt sich nachweisen, wenn man die Anode als grosse Schwammelektrode, die Kathode als ganz kleine

rein metallische Elektrode auf die Haut applicirt. Bei starkem Strome tritt unter der Anode eine Blase auf, welche mit einer stark alkalisch reagirenden Flüssigkeit gefüllt ist. Für gewöhnlich werden diese hochgradigen elektrolytischen Wirkungen vermieden durch den Schwammüberzug der Elektroden, es ist aber sicher anzunehmen, dass auch bei der gewöhnlichen Anwendung des galvanischen Stromes elektrolytische Wirkungen auf der Haut erzielt werden, welche zum mindesten sich in Veränderungen der Circulation kundgeben. Dass freilich auch die unter der Haut gelegenen, vom Strome durchflossenen Gewebe durch die Elektrolyse moleculare Veränderungen erleiden, welche zur Beseitigung von pathologischen Zuständen in den Geweben Anlass geben, ist noch reine Hypothese, wenn es auch im höchsten Grade wahrscheinlich ist (innere Polarisation).

β) Kataphorische Wirkungen. Lässt man einen galvanischen Strom durch einen flüssigen Leiter, welcher mittelst einer porösen Scheidewand in zwei Theile getrennt ist, fliessen, so wird die Flüssigkeit von einem Pol zum anderen hinbewegt, und zwar von der Anode zur Kathode, so dass nach einiger Zeit die Flüssigkeit in der einen Hälfte ab-, in der anderen zunimmt. Die Fortleitung der Flüssigkeit ist um so grösser, je stärker der Strom ist und je schlechter die Flüssigkeit leitet. Bei der Application der Elektroden am menschlichen Körper vertritt die Haut die Stelle der porösen Scheidewand, so dass es gelingt, Flüssigkeiten von der Anode zur Kathode fortzuführen. Dieser Kataphorese wird die heilende Wirkung des galvanischen Stromes auf Exsudate, Blutextravasate, Narben, Drüsentumoren, Gelenkaffectionen zugeschrieben. Ueber die eigentliche Ursache dieser Wirkungen, wenn dieselben überhaupt vorhanden sind, ist man indess noch nicht näher unterrichtet. Von der Kataphorese hat man auch Gebrauch machen wollen zur Einführung von Medicamenten in den Körper. Wenn es auch unzweifelhaft gelungen ist, Chinin und Jodkali auf diese Weise

dem Körper einzuverleiben — beides konnte im Harn nachgewiesen werden — so ist die therapeutische Wirkung dieser Behandlungsmethode doch noch recht zweifelhaft, da jedenfalls zu geringe Mengen auf diese Weise in den Körper gebracht werden, und die Stoffe ausserdem nicht weit genug in den Körper eindringen, sondern gleich von der Circulation fortgeschwemmt werden.

γ) Vasomotorische Wirkungen. Dass der galvanische Strom auf die Hautgefässe wirkt, kann man aus der nach jeder Application des Stromes auf die Haut eintretenden starken Röthungen der letzteren sehen. Die Gefässe werden also jedenfalls erweitert und dadurch wird vielleicht eine erhöhte Aufnahmefähigkeit der Gewebe herbeigeführt, welche wiederum zu Veränderungen des Stoffwechsels führen kann. Hierdurch ist eine reflectorische Wirkung auch auf innere Organe und Gewebe denkbar. Auf diesen Gefässwirkungen beruht wahrscheinlich auch die sogenannte indirecte Katalyse, wie man sie z. B. bei der noch näher zu besprechenden Galvanisation des Halssympathikus sieht.

δ) Die Wirkungen des galvanischen Stromes auf die trophischen Nerven oder die trophischen Centra ist ebenso gut, wie die Existenz dieser Nerven selber noch reine Hypothese. Da man aber die Hypothese von der Existenz trophischer Nerven nothwendig zur Erklärung verschiedener Thatsachen braucht, so liegt der Gedanke ausserordentlich nahe, auch so manche Heilwirkung des galvanischen Stromes auf Kosten der Beeinflussung von trophischen Nerven zu setzen.

Methoden zur Anwendung des galvanischen Stromes.

Die Anwendung des galvanischen Stromes erfolgt auf drei Arten:

a) Stabil: Die differente Elektrode bleibt stabil bei genügender Stromstärke auf dem erkrankten Theile stehen, während die indifferente Elektrode auf dem Sternum

oder einem Abschnitt des Rückenmarks ruht. In einem anderen Falle werden zwei gleich grosse Elektroden einander gegenüber gesetzt, um auf diese Weise den erkrankten Theil in den Bereich der grössten Stromtüchtigkeit zu bringen.

b) Labil: Die Elektrode wird mit genügendem Druck langsam über den erkrankten Nerven oder Muskel hinweggeführt, ohne abgehoben zu werden.

c) Voltasche Alternativen (V. A.). Bei stabiler Stellung der Elektroden auf dem Muskel werden mittels des Stromwenders fortwährend Wendungen von der Kathode auf die Anode und umgekehrt ausgeführt. Diese Methode stellt ein wirksames Mittel dar, zur Behandlung von Lähmungen.

Für jede dieser Behandlungsmethoden ist unerlässlich die Anwendung eines zuverlässigen absoluten Galvanometers, damit sich der Behandelnde jeder Zeit von der vorhandenen Stromstärke überzeugen kann. Die Galvanisirung ohne Galvanometer ist unwissenschaftlich und nur im höchsten Falle zulässig.

Der galvanische Strom findet hauptsächlich Anwendung bei folgenden Krankheiten:

a) Bei Lähmungen. Bei diesen gebraucht man, vielleicht entsprechend den Gesetzen des Katelektrotonus die Kathode als differente Elektrode. Dieselbe wird entweder stabil angewandt, indem man sie entweder auf dem Nerven selbst resp. auf der Läsionsstelle desselben (z. B. bei Drucklähmungen des Radialis) stehen lässt, oder labil, indem man sie auf der gelähmten Muskulatur hin- und herführt. Unterstützt wird diese Behandlung, wenn man sowohl vom Nerven als auch vom Muskel aus Schliessungszuckungen ausführt und den Muskel speciell mit Voltaschen Alternativen behandelt. Ausserdem darf man im Allgemeinen nicht zu schwache Ströme gebrauchen. Es ergiebt sich also als Schema der galvanischen Behandlung von Lähmungen:

Indifferente Elektrode: An.
Differente „ : Ka.
a) auf Nerv stabil, SZZ.
b) auf Muskel labil, SZZ, V.A.
nicht zu schwache Ströme.

b) Bei Neuralgien. Die Anwendung des galvanischen Stromes zur Behandlung von Neuralgien ist eine der häufigsten und mitunter von sehr prompter Wirkung. Sie besteht darin, dass man ebenfalls, vielleicht entsprechend den Gesetzen des Elektrotonus die Kathode als indifferente, die Anode als differente Elektrode benutzt und letztere auf den erkrankten Nerven aufsetzt. Von der grössten Wichtigkeit ist dabei, dass man den zu behandelnden Nerven, soweit er zugänglich ist, auf Druckpunkte hin untersucht. Fast jeder neuralgisch erkrankte Nerv hat solche und diese bilden die zweckmässigsten Angriffspunkte für die galvanische Behandlung, indem man die Anode auf ihnen vorwiegend stabil und mit schwachem Strome applicirt. Die Forderung, Neuralgien mit schwachem galvanischem Strome zu behandeln, kann ich nicht dringend genug aufstellen: der Erfolg ist ein weit sicherer, als bei starken Strömen und man darf sich durch die Unzufriedenheit des Patienten, „dass er gar nichts spüre", nicht irre machen lassen. Am zweckmässigsten erfolgt die Behandlung mit einer kleinen, z. B. mit der Stintzing'schen Normalelektrode und mit Stromstärken von 0,5 bis 1,5 M. A., also mit Stromdichten von $\frac{0,5}{3} - \frac{1,5}{3}$

Neben der directen Behandlung von Druckpunkten am Nerven kann man auch noch das ganze schmerzhafte Hautgebiet mit der Anode ebenfalls bei schwachem Strome labil behandeln. Zu warnen ist dabei vor Schliessungen und Oeffnungen des Stromes während der Behandlung. Das Schema der galvanischen Neuralgiebehandlung ist demnach Folgendes:

Indifferente Elektrode: Ka.
Differente „ An.

a) stabil auf Nerv (Druckpunkte)
b) labil auf den schmerzhaften Hautstellen
schwache Ströme!
keine Schliessungen und Oeffnungen!

c) Bei Erkrankungen des Centralnervensystems. Lange Zeit hat der Streit bestanden, ob der galvanische Strom überhaupt im Stande wäre, durch die Knochenhüllen hindurch Gehirn und Rückenmark zu durchfliessen. Dass dies der Fall sein muss, kann man leicht nachweisen, wenn man die Elektroden entweder am Kopfe selber oder auch nur in unmittelbarer Nähe derselben, z. B. am Hals applicirt, wobei man bei nur irgend stärkeren Strömen sofort Lichtblitze vor den Augen oder gar Schwindel verspürt, Erscheinungen, welche nur durch Reizung des Gehirns durch Stromschleifen zu erklären sind. Ausserdem wurde aber auch von Erb die Möglichkeit, Gehirn und Rückenmarck durch einen galvanischen Strom zu beeinflussen, experimentell nachgewiesen. Erb sägte an der Schädeldecke einer Leiche ein Stück des Knochens heraus, legte auf die freiliegende Gehirnstelle einen Froschmuskel und leitete dann quer durch den Schädel einen Strom. In dem Augenblicke der Stromesschliessung traten an diesem Muskel Zuckungen auf. In der gleichen Weise verfuhr er auch am Rückenmark.

Die Kenntniss, wie man mit dem galvanischen Strome heilend auf Gehirn und Rückenmark wirken kann, ist allerdings noch sehr mangelhaft. Man hat versucht, die therapeutischen Wirkungen des Stromes am Centralnervensystem auf Gefässveränderungen zurückzuführen (Löwenfeld), indem durch verschiedene Stellungen der Elektroden Verengerungen und Erweiterungen der Gefässe hervorgerufen werden könnten. Indessen sind diese an Thieren gemachten Versuche nicht beweiskräftig und dürfen am allerwenigsten auf den Menschen übertragen werden. Die

specifische Wirkung des galvanischen Stromes auf die Ganglienzellen des Gehirns selber ist eine Hypothese, mit der man sich schliesslich begnügen muss, bis die Erfahrung, dass man cerebrale pathologische Zustände durch den galvanischen Strom günstig beeinflussen kann, auch in ihrer Ursache begründet wird.

Das Gehirn kann auf zwei Arten galvanisch behandelt werden:

1. Längsleitung: Eine Elektrode im Nacken, die andere auf der Stirn;

2. Querleitung:
   a) durch die Schläfenbeine,
   b) durch die Proc. mastoid.

Grosse Schwierigkeit besteht allerdings in Bezug auf die Wahl der Pole. Man weiss noch gar nicht, ob die Anode oder Kathode im Stande ist, eine specifische Wirkung auf das Gehirn auszuüben. Am besten ist es daher, wenn man beide Stromesrichtungen nach einander auf das Gehirn wirken lässt.

Was die Wahl der Elektroden zur Gehirngalvanisation betrifft, so nimmt man für die Längsleitung als Stirnelektrode am besten die schon oben beschriebene biegsame Kopfschwammelektrode, für den Nacken eine gewöhnliche Plattenelektrode. Für die Querleitung eignet sich am besten eine kleine Plattenelektrode von 25 qcm Durchmesser.

Die Gehirngalvanisation muss mit der grössten Vorsicht ausgeführt werden, wegen der grossen Empfindlichkeit des Gehirns. Schon schwache Ströme rufen bei einigen Personen Lichtblitze, Geschmacksempfindungen und Uebelkeit hervor, bei starken Strömen tritt dagegen regelmässig eine für Arzt wie Patienten gleich unangenehme Nebenerscheinung auf: der sogenannte galvanische Schwindel. Diese Gleichgewichtsstörung findet sich am häufigsten bei der Querleitung, am wenigsten bei der Längsleitung. Nach Stromesschluss tritt ein starker Schwindel auf nach der Seite hin, wo sich die Anode befindet, nach Stromes-

öffnung ein schwächerer nach der Kathodenseite hin. Näheres in Betreff des Zustandekommens dieser merkwürdigen Erscheinung weiss man noch nicht. Der galvanische Schwindel muss bei Behandlung von Patienten unter allen Umständen vermieden werden. Man erreicht dies durch das sogenannte Ein- und Ausschleichen des Stromes, d. h. man setzt zuerst die Elektroden am Kopf stromlos auf, schaltet dann mit dem Rheostaten Widerstände ein, so dass die jetzt durch den Elementenzähler herbeigeführte Stromstärke noch keinen Nadelausschlag am Galvanometer erzeugen kann. Wenn man hierauf langsam den Widerstand am Rheostaten vermindert, so erreicht man auf diese Weise ein ganz langsames Anwachsen der Stromstärke im durchflossenen Gehirn (Einschleichen). Ist die Behandlung beendigt, so darf man nicht mittelst des Elementenzählers sofort die Stromstärke auf 0 reduciren, sondern muss zuerst Widerstände im Rheostaten einschalten und hierdurch die Stromstärke am Kopfe ganz allmählich vermindern, hierauf kann man erst mit dem Elementenzähler auf 0 zurückgehen (Ausschleichen). Mit diesen Vorsichtsmaassregeln gelingt es stets, die unangenehme Erscheinung des galvanischen Schwindels zu vermeiden. Zur Gehirngalvanisation ist daher ein Rheostat ganz unentbehrlich.

Die Stromstärken, mit welchen das Gehirn galvanisch behandelt wird, sollen niemals mehr als $\frac{1,5}{50}$ — $\frac{2}{50}$ bei der Längs-, resp. $\frac{1,5}{25}$ — $\frac{2}{25}$ bei der Querleitung betragen.

Am Rückenmark richtet sich die Behandlungsmethode ganz nach der Art der Erkrankung. Hat man es zu thun mit einer an einer bestimmten Stelle des Rückenmarks lokalisirten Erkrankung, z. B. einer Blutung, einer Poliomyelitis anterior acuta u. s. w., so wird man den betreffenden Heerd in den Bereich der grössten Stromtüchtigkeit zu bringen suchen, indem man die eine Elektrode auf den Rücken in der Höhe des betreffenden

Heerdes aufsetzt, die andere gegenüber auf die vordere Fläche des Körpers applicirt, also bei Erkrankungen des Hals- oder Brustmarks auf das Sternum, bei Erkrankungen des Lendenmarks auf das Abdomen. Anders hingegen bei den diffusen Erkrankungen, welche das Rückenmark in mehr oder minder grosser Ausdehnung befallen. Hier handelt es sich darum, möglichst grosse Stücke des Rückenmarks in den Bereich des Stromes zu bringen, was man dadurch erreicht, dass man zwei gleich grosse Plattenelektroden in der Entfernung von einigen Centimeter von einander auf den Rücken aufsetzt, zuerst stabil wirken lässt, sodann die untere langsam nach oben verschiebt, bis sich die beiden Elektroden berühren, und dann wieder nach unten gleiten lässt, natürlich ohne während der Verschiebung die Elektroden von der Haut aufzuheben, um Stromesöffnungen zu vermeiden.

Da man auch am Rückenmark keine Kenntniss hat, ob die Pole specifisch wirken, so empfiehlt es sich auch hier beide Stromesrichtungen nach einander anzuwenden. Bei der Behandlung des Rückenmarks ist zwar keine so grosse Vorsicht wie beim Gehirn nothwendig, immerhin aber empfiehlt es sich ebenfalls den Strom ein- und wieder auszuschleichen.

Im Anschluss an die Galvanisation des Centralnervensystems möge hier eine weitere Methode der Behandlung mit dem galvanischen Strome stattfinden, auf welche man einstens die grössten Hoffnungen gebaut hatte: die sogenannte Galvanisation des Halssympathikus. Dieselbe wird vorgenommen, indem man einen Pol am Nacken oder auf dem Sternum, den anderen am Unterkieferwinkel aufsetzt, genauer auf einem Raume, welcher begrenzt wird von Sternocleidomastoideus, Ohrmuschel und Unterkieferwinkel, unter welchem sich das Gangl. suprem. des Halssympathikus befindet. Man hoffte auf diese Weise, auf trophische und vasomotorische Centra in der Medulla oblongata, vor allen Dingen aber auch auf die Circulation im Gehirne wirken zu können (sogenannte indirecte Kata-

lyse). Diese Sympathikusgalvanisation ist bei den verschiedensten Krankheiten nicht nur cerebraler, sondern anch peripherischer Natur empfohlen worden, stellenweise jedenfalls recht kritiklos. Dass man mitunter mit dieser Methode Erfolge erzielen kann, soll nicht geleugnet werden, nur ist es wahrscheinlich nicht richtig, die Erfolge auf Rechnung des behandelten Sympathikus zu setzen, da am Unterkieferwinkel auch ausser dem Sympathikus noch viele andere dort liegende nervöse Organe, vor allen Dingen die Medulla oblongata, die Nerven an der Hirnbasis, der Vagus, Hypoglossus u. s. w. getroffen werden, so dass eine nur auf einen Nerven beschränkte Wirkung nicht angenommen werden darf. Es ist daher der für diese Methode vorgeschlagene Name: Galvanisation am Halse weit mehr zu empfehlen, da er nichts voraussetzt.

2. *Die Faradisation.*

Für die Anwendung des faradischen Stromes existiren keine so scharfen Indicationen, wie sie eben für den galvanischen Strom beschrieben worden sind. Es liegt dies hauptsächlich daran, dass man über specifische Wirkungen des faradischen Stromes noch gar nichts weiss. Seine Wirkungen lassen sich eintheilen in:

a) Erregende Wirkungen. Der faradische Strom ist gleich wie der galvanische im Stande, durch Reizung von Nerv und Muskel den letzteren zur Contraction zu bringen. Die hierdurch erzielten Reizwirkungen sind wegen der grösseren Steilheit der Schwankungen (siehe Seite 68) ceteris paribus grössere als beim galvanischen Strom, und stellen meistens einen Tetanus dar. Der faradische Strom dient also in dieser Beziehung als eine neben der galvanischen Behandlung verwendbare Methode zur Therapie der Lähmungen. Zur Erregung der Muskulatur der von Schleimhäuten ausgekleideten Körperhöhlen, z. B. Anus, Vagina, Harnblase u. s. w., eignet sich der faradische Strom besser als der galvanische, weil bei ihm die ätzende Wirkung der Elektrolyse in Wegfall kommt.

Ausserdem wirkt aber der faradische Strom erregend und zwar in viel intensiverer Weise als der galvanische auf die Haut und zwar besonders in Form des faradischen Pinsels (siehe unten).

b) Reflectorische Wirkungen. Ein Haupttheil der dem faradischen Strome zugeschriebenen Heilwirkungen ist höchstwahrscheinlich reflectorisch. Es gilt dies in erster Linie von der faradischen Pinselung, wodurch sicher Veränderungen und erweiterte Hautgefässe erzielt werden.

Der faradische Strom wird in zwei Hauptformen gebraucht:

a) Mit feuchten Elektroden, analog dem galvanischen Strome. Diese Form findet ihre Anwendung bei der Behandlung von Lähmungen, wobei von Nerven aus ebenso wie von Muskeln kräftige tetanische Contractionen der letzteren hervorgerufen werden. Zu bemerken ist jedoch hierbei, dass bei den schwersten Lähmungen, d. h. bei solchen, welche die Erscheinung der Entartungsreaction zeigen, die faradische Behandlung der Muskulatur unausführbar ist, weil dieselbe auf den faradischen Strom nicht mehr reagirt. Eine weitere Anwendung findet der galvanische Strom mit feuchten Elektroden bei rheumatischen Muskelaffectionen und in der Form der allgemeinen Faradisation.

b) Als Pinsel. Der faradische Pinsel ist ein ausserordentlich brauchbares und in vielen Fällen sehr präcis wirkendes Mittel. Man benutzt entweder einen kleinen Metallpinsel (s. Fig. 70), dessen Borsten aus feinem Silberdraht bestehen, oder gebraucht eine sogenannte ebenfalls mit feinen Borsten versehene Bürste (s. Fig. 71). Die Anwendung des Pinsels erfolgt immer trocken! Der faradische Pinsel wird gebraucht vor allen Dingen da, wo es sich um Störungen der Sensibilität handelt, und zwar ebenso gut bei subjectiven (Parästhesien), als bei objectiven (Anästhesien). Namentlich die Parästhesien bilden ein Hauptgebiet für die Anwendung des faradischen Pinsels und bessern sich unter dieser Behandlung oft ganz wunderbar.

Ausserdem wird der faradische Pinsel mit Erfolg angewendet bei Schmerzen, insbcsondere bei Neuralgien, wobei man die ganze schmerzhafte Hautstelle bepinselt und auf diese Weise die galvanische Behandlung ergänzt. Ob die Wirkung des faradischen Pinsels bei Neuralgien auf einer directen Beeinflussung der erkrankten Nerven beruht, oder ob auch hier reflectorische Wirkungen, vor allen Dingen Gefässveränderungen zu Grunde liegen, so dass der Pinsel nach Art eines kräftigen Senfteiges als Hautreiz wirkt, ist nicht zu entscheiden.

Hingegen sind sicher reflectorisch die Heilwirkungen, welche man mit dem faradischen Pinsel bei einer ganzen Reihe von anderen Krankheiten gemacht hat oder gemacht haben will, insbesondere die so warm empfohlene faradische Pinselung des ganzen Körpers bei Tabes, ferner die Pinselung des Kopfes bei gewissen Gehirnkrankheiten u. s. w.

Der faradische Strom hat, entweder mit feuchten Elektroden oder als Pinsel angewandt, noch eine weitere, in ihrer Bedeutung nicht zu unterschätzende Wirkung, nämlich zur Herbeiführung von Suggestionen. In diesen besitzen wir ein ganz vorzügliches Mittel zur Beseitigung verschiedener nervöser Störungen, namentlich functioneller Natur. Unter den Methoden, mit welchen man eine der-

Fig. 70. Faradischer Pinsel.

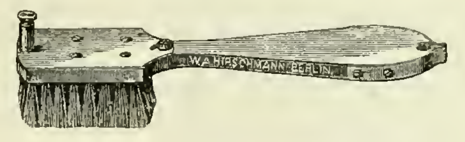


Fig. 71. Elektrische Bürste. Nach Hirschmann.

artige suggestive Wirkung herbeiführen kann, nimmt die Elektricität, insbesondere der faradische Strom eine wichtige Stelle ein. Es soll damit nicht gesagt werden, dass

gelegentlich nicht auch mit dem galvanischen Strom die gleiche Wirkung erzielt werden könne, aber der faradische Strom eignet sich vor allem wegen seiner in's Ohr fallenden Entstehung und seiner die Haut so sehr empfindlich beeinflussenden Wirkungen besser zur Suggestion, als der ruhig entstehende und ruhig fliessende galvanische Strom, von welchem die Patienten äusserlich nur wenig merken. Die Krankheiten, welche auf faradisch-suggetsivem Wege günstig beeinflusst werden können, sind vor allen Dingen

Fig. 72. Vor dem Faradisiren geschrieben.

Fig. 73. Unmittelbar nach dem Faradisiren geschrieben.

die Hysterie und die Neurasthenie. Aus einer ganzen Reihe von glücklichen Erfolgen in dieser Beziehung möchte ich nur einen einzigen herausgreifen: Ein achtjähriges Mädchen litt seit längerer Zeit an einem Tag und Nacht anhaltenden Tremor der rechten Hand, wie dies durch die Schriftprobe in Figur 72 genügend erläutert wird. Eine einmalige faradische Reizung des Radialis der betreffenden Seite hatte zur Folge, dass der Tremor sofort aufhörte, wie die unmittetbar nach der Behandlung aufgenommene Schriftprobe auf Figur 73 zeigt.

3. *Die Franklinisation*)*.

Die Anwendung der statischen Elektricität zu therapeutischen Zwecken erfolgt:

1. Als Funkenstrom. Der negative Pol der Influenzmaschine wird mit dem Isolirschemel verbunden, auf welchem der Patient Platz nimmt, an dem positiven Pol wird mittelst einer Schnur eine Knopfelektrode (siehe Fig. 74) befestigt. Die Conductorkugeln stehen ca. 15 cm auseinander, so dass keine Funken mehr zwischen ihnen überspringen können. Aus der Knopfelektrode lässt man auf den Körper des Patienten die Funken überspringen, welche auch durch die Kleidung hindurch ihre Wirksamkeit entfalten. Die Funken sind um so grösser, je grösser der Elektrodenknopf ist.



Fig. 74. Knopfelektrode nach Pierson-Sperling.

Der Funkenstrom wird angewandt bei Anästhesien, Neuralgien und zur Erregung der motorischen Nerven und Muskeln.

2. Als Büschelstrom. Entsteht auf dieselbe Weise wie der Funkenstrom, nur dass man an Stelle der Knopfelektrode eine Kranzelektrode (s. Fig. 75) nimmt, eine mit vielen Metallspitzen besetzte Platte, welche in einer Entfernung von 10 cm über dem kranken Körpertheil labil oder stabil applicirt wird. Bei Annäherung der Elektrode auf 1 bis 2 cm springen Funken über, welche indessen bedeutend kleiner



Fig. 75. Kranzelektrode nach Pierson-Sperling.

*) Im Folgenden soll nur eine Uebersicht gegeben werden von der Anwendung der Franklinisation, und zwar im Anschluss an die Elektrotherapie von Pierson-Sperling. Auf die Verwendung der statischen Elektricität zu Heilzwecken specieller einzugehen, bin ich nicht in der Lage, da mir eigene Erfahrungen auf diesem Gebiete gänzlich abgehen.

sind, als die des Funkenstroms. Der Büschelstrom wird in erster Linie angewandt bei Neuralgien, ferner bei Hysterien und Neurasthenien. Empfohlen ist er auch neuerdings bei Erkrankungen des Gehörorgans.

3. Als dunkle Entladung. Diese wird herbeigeführt, indem man die beiden Franklin'schen Platten P und M (s. Tafel II) zwischen die beiden Hebelarme I und II einschaltet. Diese Platten sind gefirnisste und auf diese Weise isolirte Glastafeln, welche auf jeder Seite eine kreisförmige, einen breiten Rand übriglassende Staniolbelegung tragen. Durch ihre Einschaltung springen zwischen den beiden Conductoren in rascher Reihenfolge kleine Funken über, so dass man den Eindruck eines continuirlichen Funkenstromes gewinnt. Leitet man diesen aus unzähligen einzelnen Fünkchen bestehenden Funkenstrom auf einen Muskel, so geräth dieser in Tetanus. Je weiter die Conductoren auseinander stehen, um so stärker ist der Strom. Diese dunkle Entladung stellt ein mächtiges Erregungsmittel des motorischen Nervensystems und der Muskel dar.

4. Die statische Elektricität wird ausserdem noch als allgemeine Franklinisation in zwei Formen angewandt:

a) Als Franklin'sches Bad, wobei der Kranke auf einem Isolirschemel sitzt, während über seinem Kopfe sich eine glocken- oder trichterförmige Vorrichtung aus Metall befindet. Der Strom wird hierbei vornehmlich an einem Sträuben der Haare gemerkt. Die Anwendung dieses Franklin'schen Bades erfolgt namentlich nach der Empfehlung von Charcot bei Hysterie und bei gewissen functionellen Störungen, besonders bei Schlaflosigkeit.

b) Als sogenannte Ozonisirung des Körpers, wobei die Elektricität aus einer spitzenförmigen Elektrode als Wind ausströmt, welcher entweder auf die Haut geleitet, aber auch direct gebraucht wird, um Lungenkranken durch den Mund Ozon in die Lungen gelangen zu lassen.

B. Specielle Elektrotherapie.

1. *Krankheiten des Gehirns.*

a) Organische Hirnerkrankungen. Hier kommt als Object für die Elektrotherapie fast einzig und allein in Betracht die Hirnblutung, die Apoplexia cerebri, wobei nur die Möglichkeit der Wirkung des elektrischen Stromes auf den cerebralen Heerd direct besprochen werden soll, während die elektrische Behandlung der Folgezustände, d. h. der Lähmungen, erst später behandelt wird.

Wenn man auch nicht erwarten darf, dass die durch eine Hirnblutung verstörten Nervenelemente durch den elektrischen Strom wieder zu normalen gemacht werden könnten, so kann man doch an die Möglichkeit denken, durch die Beeinflussung der Circulation des Gehirns, sowie durch die katalytischen Wirkungen des galvanischen Stromes eine raschere Resorption des Blutergusses anzustellen. Die Behandlung ist daher so gut wie ausschliesslich eine galvanische.

Eine wichtige Frage ist zunächst die, wann man mit der Behandlung des cerebralen Heerdes beginnen soll. Die früher gehegten Befürchtungen, dass eine bereits wenige Tage nach Eintritt der Apoplexie eingeleitete galvanische Behandlung dem Patienten Schaden bringen könnte, indem hierdurch die Wiederkehr der Blutung veranlasst wird, ist in ihrem vollen Umfange entschieden nicht richtig. Wenn man mit ganz geringen Stromstärken ($^1/_{10}$—$^1/_{60}$, 1—2 Minuten) vorgeht und den Strom vorsichtig ein- und ausschleicht, wird ein Schaden für den Kranken nicht entstehen können. Am besten ist es jedoch, wenn man die ersten 3—4 Wochen abwartet und dann erst die centrale Galvanisation beginnt. Auch dann wird man die eben angeführte Stromdichtigkeit zweckmässiger Weise nicht überschreiten und nur allmählich die Sitzungen verlängern.

Die Methode der Gehirngalvanisation bei cerebralen Blutungen besteht vorwiegend in einer Querleitung. Sitzt

der Heerd, wie in der Mehrzahl der Fälle, in der inneren Kapsel, so wird die Querleitung durch die Schläfen vorgenommen, oder auch eine Schrägleitung (eine Elektrode an der Schläfe der erkrankten Kopfhälfte, die andere im Nacken). Je nachdem die Blutung mehr nach der Hirnoberfläche zu sitzt, muss ebenfalls eine mehr oder minder schräge Leitung vorgenommen werden.

Ueber die Frage, welchen Pol man auf der Seite der Blutung, also als differenten Pol verwenden soll, ist lange gestritten worden. Man hat behauptet, dass die Anode die Gefässe der betreffenden Kopfhälfte erweitere, die Kathode dieselben verengere, absolut nachgewiesen ist dies nicht, und jedenfalls lässt sich hierauf keine bestimmte Regel zur Bevorzugung eines Poles gründen. Man verfährt vielleicht am besten, wenn man beide Pole abwechselnd auf die erkrankte Kopfhälfte wirken lässt.

Von vielen Elektrotherapeuten wird neben der directen Behandlung der Gehirnblutung aueh noch die indirecte mittelst der Sympathikusgalvanisation am Halse empfohlen, um hierdurch reflectorisch auf die Circulation im Gehirn wirken zu können. Die Erfahrungen hierüber sind sehr verschieden, zu versuchen ist diese Behandlung allenfalls, da sie zum Mindesten keinen Schaden bringen kann.

Bei der Beurtheilung der Heilerfolge, welche die Elektricität bei Gehirnblutungen hat, muss daran erinnert werden, dass die Symptome, welche durch die directe Zerstörung von Gehirntheilen durch die Blutung hervorgerufen werden, nicht die einzigen sind. Der apoplectische Insult zieht, wie Ziemssen sagt, „weite Kreise in die relativ gesunde Gehirnsubstanz hinein“, und bedingt hierdurch Erscheinungen, welche nicht direct auf die Blutung bezogen werden können, sondern unter anderem vielleicht auch durch den Druck des Extravasates auf seine Umgebung zu erklären sind. Meistens sind es functionelle Störungen, wie Kopfschmerz, Schwindel und Schlaflosigkeit u. s. w., daneben finden sich aber auch organische, z. B. Sprachstörungen oder Lähmungen, welche nicht dem

Sitze der Blutung entsprechen. Ob nicht die galvanische Behandlung des Kopfes bei einer Gehirnblutung gerade auf die erstgenannten functionellen Störungen einen günstigen Einfluss ausübt und die nach der Behandlung eintretende Besserung hierdurch und nicht durch eine resorbirende Wirkung des gelvanischen Stromes erklärt werden muss, ist eine Frage, welche wohl der Beachtung werth ist.

Der faradische Strom findet bei der Behandlung der cerebralen Blutung keine Anwendung. Die empfohlene faradische Pinselung der Extremitäten und der Brust zur Herbeiführung von Circulationsveränderungen im Gehirn ist wenigstens noch sehr hypothetisch.

Die durch Thrombose oder Embolie bedingten Gehirnerweichungen fallen in Bezug auf die galvanische Behandlung mit den Gehirnblutungen völlig zusammen. Von mehr als zweifelhafter Wirkung ist die Gehirngalvanisation bei allen entzündlichen und degenerativen Gehirnkrankheiten (Cerebro-Spinal-Meningitis, Encephalitis, Hirnabscess, multiple Sklerose, Hirnatrophie, Hydrocephalus, Hirnsyphilis u. s. w.). Man wird zwar hier mittelst Längs-, Quer- und Schrägleitungen vielleicht manchmal leichte Besserungen von indirecten, durch die genannten Krankheiten bedingten Symptomen erzielen können, aber wohl niemals auf den Krankheitsprocess direct wirken. Vollkommen ausgeschlossen ist ferner eine Wirkung des elektrischen Stromes auf Hirntumoren; denkbar wäre höchstens, dass durch vasomotorische Wirkungen die durch den Tumor bedingte abnorme Hirncirculation vorübergehend etwas gebessert werden könnte.

☞ Hingegen möchte ich aus eigener Erfahrung die Gehirngalvanisation in den Fällen von Kopftraumen empfehlen, welche nicht gerade zu tiefer greifenden traumatischen Erkrankungen des Schädels geführt haben, wohl aber die Erscheinungen der Commotio cerebri darbieten: Schwindel, Eingenommenheit des Kopfes, Kopfschmerzen u. s. w., und bei denen die vom Trauma betroffene Stelle des Schädels sich noch lange Zeit nach der Verletzung

als sehr druckempfindlich erweist. In diesen Fällen leistet die stabile galvanische Behandlung mit der Anode auf dem Druckpunkt und schwachen Strömen ($^1/_{10}$ — $^2/_{10}$ Stromdichtigkeit) sehr gute Dienste.

b) Functionelle Gehirnerkrankungen. Den Haupttheil der elektrischen Behandlungen dieser Zustände bildet die Neurasthenie, jener ungeheuer mannigfaltige Symptomen-Complex, welcher leider heutigen Tages ein so grosses Contingent der Patienten des Nervenarztes darstellt. Die Behandlung des Gehirns bei dieser Krankheit wird hier vorwiegend galvanisch vorzunehmen sein, am besten mit Längsleitung von Stirn zum Nacken. In Bezug auf die Wahl der Pole kann man auch hier entweder beide Stromesrichtungen wirken lassen, oder regelmässig die Anode auf der Stirn, die Kathode im Nacken appliciren, eine Elektrodenstellung, welche gerade bei der Neurasthenie erfahrungsgemäss ihre Vorzüge hat. Neben der galvanischen Behandlung wird auch noch die faradische eingeschlagen werden müssen, meistens in Form der allgemeinen Faradisation (siehe unter Neurosen). Die Stromstärken dürfen bei der galvanischen Gehirnbehandlung nicht zu hoch genommen werden und schwanken meistens zwischen $^2/_{50}$—$^3/_{50}$. An der Stirne wird regelmässig die biegsame Schwammelektrode applicirt, Ein- oder Ausschleichen des Stromes ist selbstverständlich.

Die Erfolge der galvanischen Behandlung des Gehirns bei der Neurasthenie sind im Allgemeinen keine schlechten, wenn es auch natürlich Fälle giebt, in welchen diese Methode absolut im Stiche lässt. Worauf die Wirkung in einem erfolgreich behandelten Falle beruht, kann nicht gesagt werden, man wird schliesslich doch immer wieder auf günstig wirkende Veränderungen der Gehirncirculation zurückkommen. Dass dabei auch die Suggestion eine gewisse Rolle spielt, kann nicht völlig von der Hand gewiesen werden.

Andere wenigstens theilweise in dieses Gebiet fallende Erkrankungen werden unter dem Kapitel Neurosen behandelt werden.

Die Elektrotherapie der Psychosen ist besonders von Arndt auf das lebhafteste befürwortet worden. Sie scheint wirksam zu sein in frischen Fällen, welche sich durch allgemeine nervöse Beschwerden auszeichnen (Kraepelin). Die Methoden bestehen vorzugsweise in Galvanisirung des Kopfes und des Halssympathikus, sowie in Faradisirung des Kopfes mit der faradischen Hand (s. unter Neurosen), schliesslich in der faradischen Behandlung des ganzen Körpers. Mit diesen Methoden gelingt es zuweilen einzelne Symptome (Kopfschmerz, Angstgefühl, Schlaflosigkeit u. s. w.) zu bessern resp. zu beseitigen, einige Autoren berichten auch von günstiger Beeinflussung von Hallucinationen, insbesondere der vom Gehör ausgehenden. In veralteten und hochgradig ausgebildeten Zuständen wird man hingegen wohl selten einen Erfolg erzielen können. Bei der günstigen Wirkung der elektrischen Behandlung der Psychosen, insbesondere mit dem faradischen Strome wird natürlich ebenfalls die psychische Beeinflussung sehr in den Vordergrund treten.

2. *Krankheiten des verlängerten Marks.*

Hier kommt vor allem in Betracht die Bulbärparalyse. Selbstverständlich wird eine Heilung derselben durch den elektrischen Strom niemals erzielt werden können, wohl aber sicher vorübergehende Besserung, vielleicht auch Stillstände der Krankheit. Die Behandlung ist auch hier vorwiegend galvanisch und zwar in Form der Querleitung durch die Processus mastoidei ($^2/_{25}$—$^4/_{25}$) mit wechselnder Stromesrichtung. Ferner ist hier die Behandlung des Halssympathikus entschieden zu empfehlen. Neben dieser centralen Behandlung läuft die symptomatische verschiedener Beschwerden, vor allen Dingen der Schlinglähmung: Anode im Nacken, Kathode an der Seitenwand des Kehlkopfes, labil und stabil mit galvanischem Strom. Macht man Kathodenschliessungen, so werden hierdurch Schlingbewegungen ausgelöst, welche mitunter recht günstig auf

die gelähmten Muskeln einwirken können. Ausserdem kann man in der auf Seite 84 angegebenen Weise den Constrictor pharyngis direct reizen. Auch die gelähmten Gesichtsmuskeln können nach den allgemeinen Sätzen über die Behandlung von Lähmungen elektrisirt werden. Die gleiche Behandlungsart wird man auch versuchen können bei der Hämorrhagie der Medulla oblongata, sowie bei der acuten Bulbärmyelitis.

3. *Krankheiten des Rückenmarks.*

Dass das Rückenmark der Beeinflussung durch den galvanischen Strom zugänglich ist, wurde oben schon erwähnt. Mit dieser Thatsache ist aber ebensowenig wie beim Gehirn der Beweis erbracht, dass der elektrische Strom auch heilend auf pathologische Zustände des Rückenmarks wirken kann. Zahlreiche Erfahrungen scheinen hierfür zu sprechen, wenn auch in vielen Fällen die elektrischen Behandlungen von Rückenmarkskrankheiten absolut erfolglos geblieben sind. Klarheit zu schaffen, ist hier ausserordentlich schwer. Man wird sich schliesslich auch hier mit der Thatsache begnügen müssen, dass man eine ausgebildete anatomische, namentlich degenerative Veränderung des Rückenmarks wohl niemals mit der Elektricität wird heilen können, wohl aber bessernd wirken auf beginnende Veränderungen im Rückenmark, auf gewisse Symptome, welche bereits die Folge sind von schwereren Structurverletzungen und schliesslich auf funktionelle Störungen des Rückenmarks.

Die Methode der Behandlung des Rückenmarks mit dem galvanischen Strom ist oben schon beschrieben worden (Seite 131). Es erübrigt hier noch hinzuweisen auf die bei verschiedenen Rückenmarkskrankheiten sieh vorfindenden Druckpunkte an der Wirbelsäule, welche mit der stabilen Anode behandelt werden können, eine Methode, welche meistens einen gewissen Erfolg verspricht. Der faradische Strom wird zur directen Behandlung des Rückenmarks meistens in Form des Pinsels angewandt.

Die funktionellen Rückenmarkserkrankungen (Spinalirritation, Commotio medullae spinalis, Railway-spine u. s. w.) werden galvanisch behandelt mit grossen neben einander auf den Rücken aufgesetzten Plattenelektroden, wie oben beschrieben, $^{2}/_{50}$—$^{4}/_{50}$ Stromdichtigkeit und stabiler Anodenbehandlung einzelner schmerzhafter Stellen in der Wirbelsäule, ausserdem faradisch mit Pinselung des Rückens oder auch mit der allgemeinen Faradisation.

Blutungen im Rückenmark werden behandelt nach Analogie der cerebralen Blutungen, d. h. galvanisch, die Pole abwechselnd genau in der Höhe der Blutung applicirt, die indifferente Elektrode auf der Vorderfläche des Körpers. Das Gleiche gilt von den traumatischen Läsionen des Rückenmarks. Die Erfolge der galvanischen Behandlung dieser Krankheiten sind mitunter keine schlechten, man scheint beim Rückenmark eher dem galvanischen Strom eine resorbirende Wirkung auf den Bluterguss zuschreiben zu dürfen, als beim Gehirn.

Die Myelitis bietet schon schlechtere Aussichten für die elektrische Behandlung. Dieselbe muss hier ebenfalls lokal erfolgen mit Querleitung genau nach dem Sitze der Entzündung und unter Polwechselung. Zu versuchen wäre noch faradische Pinselung des ganzen Rückens.

Die Tabes dorsalis hat von jeher den Elektrotherapeuten als Object gegolten. Ueber die Wirksamkeit der Elektricität bei dieser Krankheit ist der heftigste Streit entbrannt. Erfolge wechseln hier ebensogut, wie bei anderen Krankheiten mit Misserfolgen ab, keine von beiden erlaubt den Schluss, dass die Anwendung der Elektricität bei der Tabes absolut wirksam oder absolut wirkungslos sei. Man darf eben keinen Fall mit dem anderen vergleichen und schliesslich wird der Arzt in der Behandlung dieser furchtbaren und so exquisit chronischen Krankheit die Elektricität schon aus dem Grunde heranziehen, um in die Reihe der Behandlungsmethoden eine Abwechselung zu bringen. Vor allem wird das Rückenmark in seiner gesammten Länge galvanisch zu

behandeln sein, grosse Plattenelektroden stabil und unter Verschiebung zu einander $^2/_{50}$—$^4/_{50}$ Stromstärke mit Polwechsel. Ferner haben bei der Tabes ganz entschieden Erfolg faradische Pinselungen und zwar sowohl des Rückens, als auch der Extremitäten (Rumpf). Ausserdem wird diese faradische Pinselung meist mit sehr gutem Erfolg gegen die quälenden Parästhesien an den Fusssohlen angewandt. Gegen die lancinirenden Schmerzen kann eine consequente labile Behandlung der unteren Extremitäten mit faradischen feuchten Elektroden öfters Hilfe schaffen, sind Druckpunkte an den Nerven vorhanden, so kann auch hier die stabile Anode mit Erfolg verwandt werden.

Unter dieser combinirten Behandlung sieht man nicht selten einzelne Symptome der Tabes sich bessern, oder die Krankheit längere Zeit stabil bleiben, so dass man die Patienten wenigstens ihrer Berufsthätigkeit zurückgeben kann.

Die Poliomyelitis anterior acuta, ebenso wie die P. chronica werden central behandelt mit der bekannten Querleitung: ein Pol am Rücken auf die betreffende Höhe des Marks, der zweite gegenüber auf die vordere Fläche des Körpers, $^2/_{50}$—$^4/_{50}$ Stromdichte. Im Allgemeinen können die Erfolge dieser centralen Behandlung nicht sehr gerühmt werden.

Das Gleiche gilt in noch höherem Maasse von dem Symptomencomplex der spastischen Spinalparalyse, der multiplen Sklerose des Rückenmarks, sowie den secundären Degenerationen derselben.

4. *Elektrotherapie der Lähmungen.*

a) Cerebrale Lähmungen. Die cerebralen Lähmungen haben für die Elektrotherapie den Vortheil, dass bei ihnen so gut wie gar keine Veränderungen der elektrischen Reaction auftreten, und dass bei ihnen beide Stromesarten auch in den schwersten Fällen ihre Wirksamkeit nicht verlieren. Die Behandlung ist daher stets eine combinirte. Man wird zuerst galvanisch und fara-

disch vom Nerven aus kräftige Schliessungszuckungen auslösen und hierauf die gelähmte Muskulatur galvanisch und faradisch labil, galvanisch ausserdem noch mit Volta'schen Alternativen behandeln. Besondere Beachtung verdienen die so häufig nach cerebralen Lähmungen auftretenden Contracturen, welche ein günstiges Object bilden für die faradische Behandlung, indem man hierbei durch Hervorrufen eines Tetanus in den Antaganisten oft recht gute Erfolge erzielt. Auch bei atrophischen Muskeln in Folge von Inactivitäts-Atrophie überwiegt der Nutzen des faradischen Stromes durch die kräftige Reizung der Muskelfasern.

b) Spinale und peripherische Lähmungen. Die Behandlung dieser Lähmungen kann unter Umständen sehr erschwert werden durch das Auftreten der Entartungs-Reaction. Hier versagt vor allem der faradische Strom seinen Dienst und man ist einzig und allein auf den galvanischen angewiesen. In leichteren Fällen, wo entweder nur eine Herabsetzung oder höchstens eine partielle EaR sich findet, wird die Behandlung dieselbe sein, wie bei den Lähmungen cerebralen Ursprungs. Besteht hingegen complete EaR, so kann man nur auf den Muskel allein und nur galvanisch wirken. Man beschränkt sich hier auf Kathodenschliessungszuckungen resp. Anodenschliessungszuckungen, wenn diese letzteren bedeutend überwiegen, führt fernerhin vor allem zahlreiche Volta'sche Alternativen aus und behandelt schliesslich die gelähmte Muskulatur kräftig labil.

Ueber den Nutzen der elektrischen Behandlung bei schweren spinalen und peripherischen Lähmungen, d. h. bei solchen, welche EaR zeigen, ist viel gestritten worden. Erfahrene Elektrotherapeuten haben geradezu den Satz aufgestellt, dass die Elektricität in diesen Fällen absolut wirkungslos sei. Ferner ist eine noch unentschiedene Streitfrage, ob der Elektricität bei schweren Lähmungen prophylaktische Wirkungen zukomme, d. h. ob man durch rechtzeitiges Elektrisiren den Uebergang einer

leichten Lähmung in eine schwere verhüten kann. Beides lässt sich wegen des Mangels an beweiskräftigen experimentellen Erfahrungen zur Zeit noch nicht entscheiden. Dagegen hat meiner Ansicht nach der Arzt trotz des unsicheren Bodens, auf welchem die Elektrotherapie auch in dieser Beziehung noch steht, die Pflicht, auch schwere Lähmungen zu elektrisiren. Die durch die Behandlung regelmässig erzeugten Muskelcontractionen stellen jedenfalls eine nicht ganz unvernünftige Methode dar, die aufgehobene willkürliche Function des gelähmten Muskels zu verbessern, ein sonst ungeheuer skeptischer Elektrotherapeut nennt dieselben sogar „unzweifelhaft zuträglich“. Jedenfalls darf der Arzt auch bei schweren Lähmungen nicht wegen des Mangels einer wissenschaftlichen Begründung die neben der Massage überhaupt einzig mögliche Behandlung von Lähmungen absolut ignoriren.

Im Folgenden sollen einzelne Lähmungsformen in Bezug auf ihre elektrische Behandlung näher besprochen werden.

1) Facialislähmunngen. Man unterscheidet hier nach Erb's Vorgang je nach der Intensität drei Arten dieser Lähmungen:

1. Grad: Entweder gar keine Veränderungen der elektrischen Erregbarkeit oder höchstens quantitative Erhöhung derselben in den ersten Tagen;
2. Grad: Partielle Ea R;
3. Grad: Complete Ea R.

Je nach diesen verschiedenen Graden wird auch die Therapie eine verschiedene sein. Die erste Art erfordert überhaupt keine Behandlung, bei den zwei anderen Formen wird man sowohl central als auch peripherisch behandeln. Die centrale Behandlung besteht bei beiden Formen im Durchleiten des galvanischen Stromes durch die Fossa auriculo-mastoidea, $^{2}/_{25}$ — $^{5}/_{25}$ Stromdichtigkeit 2 — 3 Minuten. Die peripherische Behandlung wird bei der zweiten Form in der Weise vorgenommen, dass man vom Stamm des Eacialis, wie auch von seinen Zweigen

aus mit der Kathode des galvanischen und des faradischen Oeffnungsstromes kräftige Schliessungszuckungen hervorruft. Bei der dritten Form wird natürlich diese Nervenreizung nicht ausführbar sein. Die gelähmten Gesichtsmuskeln werden bei beiden Formen tüchtig galvanisch labil und stabil gereizt, bei der zweiten Form tritt noch hinzu die faradische Reizung. Die Behandlung der Facialislähmungen ist für beide Stromesarten mit Vorsicht auszuführen: Dem galvanischen Strom ist die Gefahr der Hirnreizung (Lichtblitze, Schwindel), dem faradischen Strom die gleichzeitig erfolgende Reizung sensibler Gesichtsnerven hinderlich.

2) Augenmuskellähmungen. Bei central bedingten Augenmuskellähmungen ist eine centrale Behandlung neben der peripherischen nothwendig, je nach dem Sitze der Lähmungen durch die Schläfen oder durch die processus mastoidei, oder nach Erb durch die Application einer 10 qcm - Elektrode auf das geschlossene Augenlid, einer 25 qcm-Elektrode auf den Nacken. Ferner kommt hinzu die Behandlung des Halssympathikus. Die directe galvanische Behandlung wird ausgeführt, indem man mit der Kathode das geschlossene Augenlid langsam bestreicht oder an der betreffenden Ansatzstelle des Muskels die Kathode stabil wirken lässt: rectus internus am inneren Augenwinkel, obliquus superior innen und oben, rectus superior und levator palpebarum oben, rectus externus am äusseren Augenwinkel. Nach vorausgegangener Cocainisirung können auch die Augenmuskeln mit einer feinen Knopfelektrode im Conjunctivalsack aufgesucht und behandelt werden. Der faradische Strom ist zur Behandlung von Augenmuskellähmungen nicht verwendbar.

3) Accessoriuslähmungen. Bei centraler Ursache galvanische Behandlung durch die processus mastoidei (medulla oblongata), ausserdem sowohl bei centraler wie bei peripherischer Ursache Reizung vom Accessoriuspunkte am Hals aus mit der galvanischen und faradischen Kathode, labile galvanische und faradische Behandlung des

sterno-cleido-mastoideus und des cucullaris sowie directe Reizungen dieser Muskel.

4) Hypoglossuslähmungen. Wie bei der Accessoriuslähmung centrale Behandlung, peripherische vom Hypoglossuspunkte am Zungenbein, und directe Behandlung der gelähmten Zungenhälfte selbst mit beiden Stromesarten.

5) Schlinglähmungen. Die Behandlung dieser Lähmungen wurde schon oben bei der Bulbärparalyse (Seite 144) besprochen, weswegen auf diese Stelle verwiesen wird.

6) Lähmungen am Rumpf. Die einzige hier in Betracht kommende Lähmung ist diejenige des serratus anticus major. Man behandelt dieselbe am besten indirect durch galvanische und faradische Reizungen des n. thoracicus longus entweder von der fossa supraclavicularis aus, oder von der Achselhöhle; letzteres ist wegen der leichteren Reizung vorzuziehen. Die directe Muskelreizung ist ungemein schwierig.

7) Lähmungen der oberen Extremität. Die durch eine centrale Ursache (meistens Gehirnblutung) bedingte Lähmung der ganzen oberen Extremität wird nach allgemeinen Grundsätzen behandelt: Anode auf das Halsmark, Kathode stabil galvanisch auf die einzelnen Nervenreizpunkte mit Kathodenschliessungszuckungen von denselben aus, labil auf die Muskeln, stabil von denselben aus zahlreiche Kathodenschliessungszuckungen undVolta'sche Alternativen, faradisch vom Nerv und Muskel aus intensive Schliessungszuckungen. Zur Behandlung von Contracturungen kräftige Faradisation der Antagonisten.

Die partiellen peripherischen Lähmungen der oberen Extremität unterliegen derselben Behandlung der gelähmten Muskeln, wie die totalen Lähmungen; natürlich wird auch hier durch die eventuell auftretende Entartungsreaction die Wirksamkeit des faradischen Stromes unmöglich werden. Die directe Nervenbehandlung erfolgt mit der stabilen Kathode an den betreffenden gelähmten

Nerven selber, also z. B. bei Drucklähmung des radialis auf der Läsionsstelle am Oberarm. Wichtig ist manchmal auch die Behandlung der gelähmten Nerven in der Achselhöhle, also oberhalb der Läsionsstelle, um dadurch auf das Leitungshinderniss einzuwirken. Handelt es sich um combinirte Lähmungen mehrerer Armnerven, so empfiehlt sich eine Behandlung des plexus brachialis galvanisch und faradisch stabil und mit kräftigen Reizungen desselben.

8) Lähmungen der unteren Extremitäten. In Bezug auf centrale Lähmungen genau so wie oben. Bei combinirten peripherischen Lähmungen mehrerer Nerven hat man natürlich an der unteren Extremität keinen gemeinsam in Angriff zu nehmenden Punkt, die Behandlung der einzelnen Nerven kann nur von ihren Reizpunkten aus erfolgen.

5. *Behandlung der Muskelatrophien.*

Im Anschluss an die Lähmungen soll hier noch die Behandlung der Muskelatrophien Erwähnung finden. Dieselbe ist die gleiche wie bei gelähmten Muskeln, nur dass man von einer gleichzeitigen Behandlung des Nervensystems Abstand nimmt. Höchstens wäre bei der spinalen Muskelatrophie eine galvanische Behandlung des Rückenmarks in der oben beschriebenen Weise zu versuchen. Die Behandlung der atrophischen Muskeln selber besteht bei der spinalen wie auch den myopathischen Formen in einer kräftigen labilen galvanischen und faradischen Reizung der atrophischen Muskeln, in höheren Graden der Krankheit auch mit dem galvano-faradischen Strom, wie er mit dem Watteville'schen Stromwender erzeugt werden kann.

6. *Neuralgien.*

Eine specielle Besprechung der Elektrotherapie dieser Krankheiten kann hier unterbleiben, da sie sich nur in Wiederholungen bewegen würde. Grundzug der Behand-

lung ist stets: Immer Aufsuchen von Druckpunkten im Verlauf des Nerven, hier stabile galvanische Anode mit schwachen Strömen, dann labile Galvanisirung mit der Anode und faradische Pinselungen der ganzen schmerzhaften Hautstelle.

7. *Krämpfe.*

Die Elektrotherapie der Krämpfe ist ein sehr heikles Thema, weil die Erfolge derselben sehr geringe sind.

Die directe Beeinflussung der Krämpfe durch den elektrischen Strom scheint nicht möglich zu sein, obwohl man von vornherein durch Herbeiführung eines Anelektrotonus in den betroffenen Nerven die abnorm erhöhte Erregbarkeit desselben herabzusetzen im Stande zu sein scheinen könnte. Die Erfolge sprechen nicht dafür. Machtvoller ist die Elektrotherapie gegenüber den Grundleiden mancher Krämpfe (allgemeine Neurosen, z. B. Hysterie, Druckpunkte am Nerven in Folge von exsudativen oder entzündlichen Processen u. s. w.). Central bedingte Krämpfe, Epilepsie, Krämpfe in Folge von Reizung der Grosshirnrinde u. a. m. werden hingegen wohl schwerlich einer noch so consequent durchgeführten elektrischen Behandlung weichen.

Soll eine elektrische Behandlung von Krampfzuständen versucht werden, so bedient man sich vorzugsweise des galvanischen Stromes, indem man diesen als stabile Anode auf das erkrankte Nervengebiet wirken lässt unter besonderer Berücksichtigung von etwa vorhandenen Druck- und Schmerzpunkten. Daneben hat noch die faradische Pinselung entweder in der Nähe der vom Krampf befallenen Muskeln oder der Haut über denselben direct einen gewissen rationellen Zweck, indem man hierdurch vielleicht auf reflectorischem Wege auf die erkrankten Nerven wirken kann. Im Allgemeinen ist also die Behandlung der Krämpfe die gleiche wie diejenige der Neuralgien, wenn auch der Erfolg bei beiden ein ganz verschiedener zu sein scheint.

8. *Neurosen.*

a) Neurasthenie und Hysterie. Diese functionellen Erkrankungen bilden von jeher ein Lieblingsgebiet der Elektrotherapeuten und die Erfolge sind in der That wenigstens zum Theil recht ermuthigend. In wieweit gerade bei diesen Krankheiten mit ihren grösstentheils rein subjectiven Symptomen die durch die elektrische Behandlung herbeigeführte Suggestion eine Rolle spielt, wurde schon oben besprochen. Der Grundgedanke der elektrischen Behandlung von Neurasthenie und Hysterie ist die Herbeiführung einer Suggestion. Hiernach richtet sich auch die Wahl des Stromes, indem man aus oben angeführten Gründen den faradischen Strom bevorzugen wird. Damit soll natürlich nicht gesagt sein, dass man gewisse Symptome nicht auch galvanisch behandeln soll, bei der Neurasthenie z. B. werden durch die galvanische Längsleitung durch den Kopf bestimmte Erscheinungen, z. B. Kopfschmerz, Kopfdruck, Schlaflosigkeit u. a. m., entschieden günstig beeinflusst; verschiedene druckempfindliche Stellen, Druckpunkte an der Wirbelsäule bei Neurasthenie, Ovarie bei Hysterie bessern sich durch eine stabile galvanische Anodenbehandlung ganz wesentlich. Am aussichtsreichsten ist jedoch die allgemeine Behandlung der Neurasthenie und Hysterie mit dem faradischen Strom in Form der sogenannten allgemeinen Faradisation, einer Methode, welche nicht genug gerühmt werden kann.

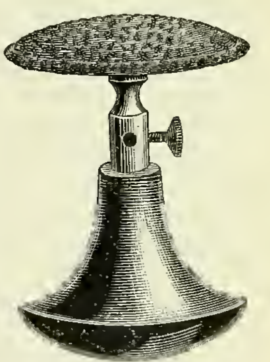


Fig. 76. Erb'sche Elektrode zur allgemeinen Faradisation.

Sie besteht darin, dass man einen Pol in Form einer grossen mit Filz bedeckten Zinkwanne verwendet, in welche man nach gründlicher Durchfeuchtung des Filzes mit warmem Wasser den ganz entkleideten

Patienten hineintreten lässt. Die andere Elektrode wird am besten als sogen. Erb'sche Elektrode zur allgemeinen Faradisation (s. Fig. 76) einer sehr handlichen Schwammelektrode in die Hand genommen. Mit derselben bestreicht man den ganzen Körper des Kranken mit Anfangs schwachem, dann mit den Sitzungen zunehmendem Strome, indem man denselben einestheils auf den Nervenpunkten stabil wirken lässt, anderentheils von den Muskeln aus kräftige Zuckungen auslässt. Für die Behandlungen des Gesichtes empfiehlt sich wegen der grossen Empfindlichkeit desselben gegen den faradischen Strom der Gebrauch der sogenannten faradischen Hand. Hierzu wird die Erb'sche Elektrode in eine Hand genommen, die andere Hand wird gut durchfeuchtet und mit ihr wird das Gesicht bestrichen. Man hat auf diese Weise eine ganz genaue Controlle über die Stromstärke, welche man an den eigenen Fingern am besten spürt. Die ganze Behandlung dauert ungefähr 10—20 Minuten und kann jeden zweiten bis dritten Tag wiederholt werden.

Man mag über die suggestive Wirkung der allgemeinen Faradisation, welche wahrscheinlich sehr in den Vordergrund zu stellen ist, denken wie man will — Thatsache jedenfalls bleibt es, dass durch consequente allgemeine Faradisation oft eine bedeutende Besserung der nervösen Beschwerden herbeigeführt werden kann.

In derselben Weise, wie man allgemein faradisirt, hat man auch allgemein galvanisirt, jedoch nicht mit demselben Erfolge. Vielleicht spricht diese Thatsache gerade für die eminente Suggestionswirkung des faradischen Stromes, welche dem galvanischen abgeht.

Die allgemeine Faradisation hat nur zwei Nachtheile: sie nimmt viel Zeit in Anspruch und kann bei Frauen aus Gründen der Decenz nur schwer in ihrer vollkommenen Weise ausgeführt werden.

Bei der Hysterie kommen noch andere Symptome in Betracht, bei welchen die Suggestionswirkung des faradischen Stromes in Anwendung gezogen werden kann.

Es sind dies vor allen die functionellen Lähmungen, seien es solche der Extremitäten oder seien es die so häufig vorkommenden hysterischen Aphonien oder gar die hysterischen Stummheiten. Besonders bei beiden letztgenannten Erscheinungen wirkt der faradische Strom in Form von zwei auf beide Seiten des Kehlkopfs aufgesetzten Plattenelektroden oft ganz zauberhaft, ferner wird man oft den faradischen Pinsel verwenden können, entweder um im Allgemeinen suggestiv zu wirken, z. B. zur Beseitigung von Krämpfen, oder aber noch häufiger bei den hysterischen Anästhesien.

Specielle Winke für die Behandlung weiterer Erscheinungen von Hysterie und Neurasthenie lassen sich in Kürze schwer geben. Der Elektrotherapeut wird bei diesen Krankheiten vor allen Dingen aus der Erfahrung lernen müssen und dann bald für jeden einzelnen Krankheitsfall die richtige Behandlungsmethode herausfinden.

b) Migräne. Die Migräne — Anfälle von halbseitigem Kopfschmerz mit Betheiligung des Magens in Form von Erbrechen, und schwerer Störung des Allgemeinbefindens — ist ebenfalls, lange Zeit schon mit Vorliebe behandelt worden, allerdings mit gerade nicht sehr ermuthigenden Erfolgen. Vielleicht liegt dies an der Dunkelheit, in welcher die ganze Krankheit, speciell die Aetiologie noch gehüllt ist. Man hat sich vor allem auf die Behandlung des Halssympathikus geworfen als Consequenz der Anschauung, dass die Migräne eine Neurose dieses Nervens sei. In dieser Beziehung werden zwei Formen unterschieden: Die angiospastische (blasses Gesicht,w eite Pupille) und die angioparalytische Form (heisses rothes Gesicht, enge Pupille). Hierauf hat namentlich Holst die Elektrotherapie der Migräne begründet, indem er bei der angiospastischen Form die Anode, bei der angioparalytischen Form die Kathode auf den Halssympathikus aufsetzte, die andere Elektrode bei beiden Formen im Nacken. Leider lässt sich diese Unterscheidung und damit auch die entsprechende Behandlung nur in den

wenigsten Fällen durchführen, so dass von einer speciellen Elektrotherapie der Migräne noch nicht die Rede sein kann. Wenn man auch immerhin versuchen kann, den Halssympathikus zu behandeln, so wird man doch nebenher auch allgemeinen Indicationen gerecht werden, z. B. nach Druckpunkten suchen und diese mit stabiler Anode behandeln, durch allgemeine Faradisation auf das ganze Nervensystem oder durch die Galvanisation des Kopfes auf das Gehirn allein einwirken können.

c) Morbus Basedowii. So wenig man auch über diese Krankheit weiss, so hat man doch bei ihr in der Galvanisation des Halssympathikus ein Mittel, welches in jedem Falle versucht zu werden verdient. Man führt die Behandlung am besten aus, indem man eine Stintzing'sche Normalelektrode als Kathode auf die bekannte Stelle am Unterkieferwinkel stabil aufsetzt mit $^{2}/_{3}$—$^{4}/_{3}$ Stromdichte 4—5 Minuten lang und dann mit derselben labil den Hals entlang bis zum plexus brachialis und wieder herauf geht. Die Anode kommt dabei in den Nacken. Behandlung alle 2—3 Tage. Die Erfolge dieser Therapie zeigen sich meistens in einer ganz auffallenden Abnahme der Struma, in Verminderung der Pulsfrequenz und Nachlassen der allgemeinen grossen Aufgeregtheit. Allerdings giebt es auch Fälle, in denen diese Behandlung ganz im Stiche lässt.

d) Beschäftigungs-Neurosen. Auch bei diesen Krankheiten mit ihrer dunklen Aetiologie und noch dunklerem Wesen wird die elektrische Behandlung meistens nicht viel ausrichten können. Am rationellsten erscheint noch eine stabile Galvanisation mit der Anode der betreffenden Nervenstelle, z. B. des plexus brachialis bei Neurosen am Arm und labiler Anodenbehandlung der von der Neurose befallenen Muskulatur, allenfalls auch Faradisirung der letzteren zur allgemeinen Kräftigung. Die Resultate sind ausserordentlich verschieden und die Behandlung erfordert eine grosse Consequenz und Ausdauer.

Alle anderen Neurosen bieten der elektrischen Behandlung so gut wie keine Aussichten. Allenfalls könnte noch erwähnt werden, dass bei der Chorea minor in den Fällen, in welchen sich Druckpunkte an der Wirbelsäule finden, diese mit der stabilen Anode mitunter nicht ganz ohne Erfolg behandelt werden können.

9. *Krankheiten der Bewegungsorgane.*

Bei diesen bildet oft einen erfolgreichen Gegenstand der Elektrotherapie der acute Muskelrheumatismus oder die Myalgie. Diese Krankheit wird mit beiden Stromesarten in Form von feuchten Elektroden behandelt, welche man auf die erkrankten Muskeln labil einwirken lässt und zwar nicht mit zu schwachen Strömen. Sehr geeignet ist für diese Behandlung die Massirrolle (s. Fig. 77), mit welcher man einen sehr kräftigen Druck auf die Muskeln ausüben kann.



Fig. 77. Elektrische Massirrolle nach Hirschmann.

Ausserdem können etwa vorhandene Schmerzpunkte an den Muskeln mit der stabilen Anode behandelt werden. Einen sehr guten Erfolg hat schliesslich in manchen, namentlich veralteten Fällcn die kräftige faradische Pinselung der ganzen Haut über den erkrankten Muskeln.

Ueber den Werth der elektrischen Behandlung des acuten Gelenkrheumatismus schwanken die Ansichten noch sehr. Jedenfalls bildet die

Salicylbehandlung dieser Krankheit eine sehr bedenkliche Concurrenz gegenüber der Elektrotherapie. Letztere wird angewandt, indem man entweder zwei grosse Plattenelektroden auf beiden Seiten des erkrankten Gelenkes applicirt bei einer Stromdichte von $^{4}/_{50}$—$^{10}/_{50}$ oder auch die Gelenke selber mit feuchten Elektroden labil faradisirt.

Zur Behandlung von chronischen Gelenkaffectionen (chronischer Gelenkrheumatismus, Hydrarthos, tumor albus, periarthritische Schwellungen, callus u. s. w.) wird in erster Linie die directe Galvanisirung des Gelenkes mit grossen Plattenelektroden anzuwenden sein, welche auf dem Wege der katalytischen Wirkungen grosse Erfolge erzielen soll und in der That auch manchmal erzielt. Auch die faradische Pinselung der Haut über den erkrankten Gelenken verdient versucht zu werden. Alle diese Methoden erfordern eine lang fortgesetzte Behandlung und grosse Ausdauer, die Erfolge sind ausserordentlich verschieden.

10. *Krankheiten der Verdauungsorgane.*

Auf den Darm lässt sich wirken durch kräftige Faradisation der Bauchmuskeln. Man hat in Folge der hierdurch erzielten kräftigen Contractionen des Darms ein ganz vorzügliches Mittel zur Behandlung der chronischen Obstipation. Eine Elektrode wird dabei auf das Lendenmark gesetzt, mit der anderen am besten in Form der Erb'schen Elektrode zur allgemeinen Faradisation wird unter kräftigen Eindrücken das ganze Abdomen durchknetet. Man kann auch die eine Elektrode, anstatt sie auf das Lendenmark zu setzen, in Form der gleich zu erwähnenden Mastdarmelektrode in den Anus einführen. Meistens erfolgt nach Anwendung dieser Methode sofort kurz nach der Sitzung Stuhldrang und Entleerung des Darmes.

Die Anwendung der Bauchfaradisation zur Hebung von Darmocclusionen verdient ebenfalls versucht zu werden,

giebt aber keine sichere Aussicht auf Erfolg. Noch unsicherer ist die meistens faradisch aber auch galvanisch in der oben beschriebenen Weise ausgeführte Behandlung des Ascites.

Hingegen erfreut sich mit Recht die Mastdarmlähmung einer elektrischen Behandlung, am besten in Form der Mastdarmelektrode (s. Fig. 78), einer langen bis an die Spitze isolirten biegsamen Metallstange, deren Spitze aus einem olivenartigen Knopf besteht. Dieser wird 6—8 cm tief in das rectum eingeführt. Man nimmt am besten hierzu den faradischen Strom, weil der galvanische, wie schon oben erwähnt, durch seine chemischen Wirkungen leicht Aetzungen auf der Schleimhaut hervorrufen kann.

Fig. 78. Mastdarmelektrode.

Auf den Magen ist die therapeutische Wirkung des elektrischen Stromes noch zweifelhaft. Dass eine anatomische Veränderung des Magens (Ulcus, Carcinom) durch denselben beseitigt werden könnte, ist natürlich absolut ausgeschlossen. Wohl aber kommen functionelle Magenerkrankungen in Frage, vor allen Dingen das nervöse Erbrechen. Bei diesem kann versucht werden auf den Magen zu wirken durch Faradisirung der Magengrube oder durch stabile Application der galvanischen Anode im Epigastrium, während die Kathode auf dem Lendenmark ruht. Die Erfolge sind nicht sehr ermuthigend. Mehr Glück wird man mit dieser Behandlungsmethode haben bei der Cardialgie. Nervöse Dyspepsie kann als Theilerscheinung der Neurasthenie durch allgemeine Faradisation mit besonderer Berücksichtigung der Magengegend behandelt werden.

11. *Krankheiten der Harnorgane.*

Die Blase bildet einen wichtigen Gegenstand der Elektrotherapie.

Der Blasenkrampf ist von den pathologischen Zuständen der Blase allerdings das ungeeignetste Object zur elektrischen Behandlung. Man kann dieselbe in der Form vornehmen, dass man eine Elektrode auf das Lendenmark setzt, die andere entweder oberhalb der Symphyse tief eindrückt oder am Perineum applicirt.

Die Behandlung wird nur galvanisch sein, Erfolg sehr zweifelhaft.

Die Blasenlähmung hingegen wird mit bedeutend grösserer Aussicht auf Erfolg elektrisch behandelt. Abgesehen von der centralen Behandlung des Rückenmarks bei spinalen Processen, welche die Ursache der Blasenlähmung bilden, wird auf die Blase vor allen Dingen local eingewirkt. Man setzt die Anode des galvanischen Stromes auf das Lendenmark, die Kathode drückt man tief oberhalb der Symphyse ein, wenn die Blasenlähmung mit Retention, oder applicirt sie am Perineum, wenn die Blasenlähmung mit Incontinenz verknüpft ist. Nach stabiler Einwirkung des Stromes an diesen Stellen werden mehrere kräftige Kathodenschliessungszuckungen oder auch Volta'sche Alternativen ausgeführt. Faradisch wird behandelt, indem man mit der Kathode des Oeffnungsstromes kräftige labile Streichung des Perineums vornimmt.

Ausserdem kann aber auch die Blasenlähmung intern local behandelt werden mittelst einer langen, bis an die Metallspitze isolirbaren Elektrode, welche in die Harnröhre bis zur Blase eingeführt wird. Man wird hierbei wegen der Aetzwirkungen des galvanischen Stromes ausschliesslich den faradischen verwenden. Schliesslich kann die eine Elektrode, anstatt auf das Lendenmark gesetzt zu werden, wiederum als Mastdarmelektrode in den Anus eingeführt werden. Die Erfolge dieser Behandlungsmethoden sind wechselnd, im allgemeinen aber keine

schlechten. Natürlich hängt der Erfolg auch sehr ab von der Intensität des Grundleidens.

Bei einer weit vorgeschrittenen Tabes oder Myelitis wird auch die gründlichste und andauernd durchgeführte elektrische Behandlung der Blase nicht mehr viel ausrichten können.

Die Enuresis nocturna wird, da sie nur eine besondere Form der Blasenlähmung darstellt, nach den gleichen Grundsätzen wie diese behandelt, nur ist hierbei noch Rücksicht zu nehmen auf den allgemeinen Zustand, d. h. durch Maassnahmen, welche bei allgemeinen Neurosen vorgenommen werden, z. B. durch allgemeine Faradisation das Leiden noch auf andere Weise als local zu beeinflussen.

12. *Krankheiten der Geschlechtsorgane.*

a) Männliche. Während man bei anatomisch nachweisbaren Erkrankungen der männlichen Geschlechtsorgane (Prostatahypertrophie, Orchitis u. s. w.) von der Elektrotherapie keine Hilfe zu erwarten hat — die in dieser Beziehung mitgetheilten Resultate sind wenigstens recht zweifelhaft — bilden die so häufig vorkommenden Functionsanomalien des männlichen Sexualapparates einen dankbaren Gegenstand der elektrischen Behandlung. Es gehören hierher in erster Linie die Impotenz, ferner die Pollutionen, die Spermatorrhoe und vielleicht auch der Aspermatismus. Selbstredend wird man auch hier in Bezug auf den Erfolg der elektrischen Behandlung unterscheiden müssen zwischen den Formen der Functionsstörungen, welche begründet sind in schweren anatomischen Veränderungen entweder der Generationsorgane selber oder des centralen und peripherischen Nervensystems und zwischen den reinen Functionsneurosen, welche meistens durch functionelle Ueberanstrengung entstanden sind oder nur eine Theilerscheinung der allgemeinen Neurasthenie darstellen. Bei den durch anatomische Veränderungen bedingten Erkrankungen wird der Erfolg wiederum

abhängen von der Schwere des Grundleidens, vollkommene Heilungen werden wohl nur selten zu erzielen sein, höchstens symptomatische Besserungen. Hingegen werden die functionellen Geschlechtsneurosen, welche ja das Hauptcontigent der Functionsstörungen darstellen, in den meisten Fällen sehr günstig durch den elektrischen Strom beeinflusst werden können.

Je nach der Entstehung dieser Zustände wird sich auch die Behandlung richten. Zwar wird man in jedem Falle eine locale Behandlung der Geschlechtsorgane vornehmen, in den Fällen aber, in welchen noch ein anderes Grundleiden besteht, auch dieses in den Bereich der Elektrotherapie ziehen, so vor Allem das Rückenmark in bekannter Weise behandeln.

Gegen Impotenz empfiehlt sich vor Allem die Anwendung des galvanischen Stromes: Anode auf das Lendenmark, Kathode stabil auf den Samenstrang und labil an diesem entlang, dann labile Kathodenbehandlung des ganzen Penis und des Perineums, schliesslich auch des Hodens. In der gleichen Weise jedoch mit nicht so gutem Erfolge kann auch der faradische Strom gebraucht werden. Eine andere von Möbius vorgeschlagene Methode mittelst des faradischen Stromes besteht darin, dass man die Mastdarmelektrode in das Rectum einführt, während die andere Elektrode auf dem Perineum ruht.

Für Pollutionen und Spermatorrhoe empfiehlt sich vor Allem stabile Galvanisation und Faradisation: Anode am Perineum, Kathode am Kreuzbein, ferner directe Faradisation des Hodens.

Erb schlägt in allen schweren Fällen von Functionsanomalien der männlichen Geschlechtsorgane noch eine Galvanisation des Lendenmarks vor.

b) Weibliche.*) Die Elektrotherapie der Erkrankungen der weiblichen Geschlechtsorgane hat in den letzten Jahren

---

*) Die folgende Schilderung ist der Monographie von Kleinwächter: „Die Grundzüge der Gynäkoelektrotherapie“ entnommen.

einen ganz gewaltigen Aufschwung genommen. Der Begründer dieser Behandlung ist Apostoli (1882).

Es ist hier nicht der Ort ganz genau die einzelnen Methoden bei jeder Erkrankung zu beschreiben, ich kann hier nur einen allgemeinen Abriss geben von dem, was man von dem elektrischen Strome in der Gynäkologie zu erwarten hat, während in Bezug auf Einzelheiten auf die speciellen Lehrbücher verwiesen werden muss.

Die Anwendung der Elektricität bei Frauenkrankheiten unterscheidet sich von der Anwendung derselben bei anderen Krankheiten vor allen Dingen dadurch, dass wegen der geringeren Empfindlichkeit der erkrankten Organe, sowie wegen des geringen Widerstandes derselben gegen den elektrischen Strom, weit höhere Stromstärken gebraucht werden können. Die einzelnen Sitzungen hingegen werden im Allgemeinen kürzer.

Die Anwendung des elektrischen Stromes erfolgt mittels eigens dazu construirter Elektroden, sogenannter Nadeln, direct auf die erkrankten Organe, vor Allem auf den Uterus.

Beim constanten Strome ist die Wirkung nach den Polen verschieden. Dieselben wirken in erster Linie chemisch, d. h. durch Elektrolyse. Die Kathode ruft Hyperämie und Blutungen hervor, hat ausserdem resorbirende Kraft (Resorption von Exsudaten, Verkleinerungen von Fibromyonen des Uterus u. s. w.). Die Anode wirkt blutstillend, entfernt Kongestionen und mildert Neuralgie und schmerzhafte Contractionen. Der faradische Strom dagegen wirkt vor Allem auf die Muskulatur, welche er zur Contraction bringt. Eine differente Wirkung seiner Pole besteht nicht.

Die Elektroden bei der Gynäkoelektrotherapie sind alle ihrem bestimmten Zwecke angepasst. Die differente wird, wie schon erwähnt, durchweg local angewandt und hat die verschiedensten Formen. Die indifferente wird immer als grosse Platte, manchmal aus weichem Thon bestehend, auf die Bauchdecken applicirt. Die differente

Elektrode wird meistens aus Gold oder Platin bestehen, um von den sich bildenden Säuren nicht angegriffen zu werden. Besondere Elektroden sind aus Gaskohle angefertigt worden.

Beim constanten Strome braucht man die Anode da, wo es sich um Blutungen oder Neigung dazu handelt. Ferner um Neubildungen durch Aetzung zu zerstören oder um Schmerzen zu mildern.

Die Kathode ist da angezeigt, wo man muskelhaltige oder bindegewebige Neubildungen verkleinern, Entzündungen oder Exsudate resorbiren lassen will. Die Stromstärken schwanken im Allgemeinen zwischen 40 und 350 M. A., die einzelnen Sitzungen zwischen fünf und zehn Minuten.

Der faradische Strom wird verwendet bei chronischen Entzündungen, wo er durch Contraction der Muskelfasern gleichsam als Massage wirkt.

Schwangerschaft ist selbstredend eine absolute Contraindication gegen die Elektrotherapie bei Frauenkrankheiten.

Die Elektrotherapie in der beschriebenen Art wird vorzugsweise angewandt bei Myomen des Uterus, Para- und Perimetritis, Endometritis, Menstruationsstörungen, Verlagerungen des Uterus, Erkrankungen der Ovarien und der Tuben, bei Hämatocele periuterina und anderen Krankheitszuständen mehr.

13. *Krankheiten der Sinnesorgane.*

a) Auge. Hier bilden das eigentliche Feld der Elektrotherapie die Erkrankungen der Retina und des Sehnerven, speciell die Neuritis optica. Die Methode besteht vorwiegend in galvanischer Behandlung: Anode stabil auf das geschlossene Auge, Kathode auf das Halsmark, schwache Ströme ($^1/_3$—$^2/_3$ Stromdichte), vorsichtiges Ein- und Ausschleichen, kurze Sitzungen. Ist bereits Atrophie des Sehnerven vorhanden, so kann man auch die Kathode stabil auf dem Auge verwenden. Rumpf empfiehlt ausserdem noch faradische Pinselungen der

Umgebungen des Auges. Ferner kann der Optikus direct getroffen werden durch Querleitung durch die Schläfen. Endlich mag noch Galvanisation des Halssympathikus versucht werden. Die Erfolge dieser Behandlungen scheinen günstig zu sein bei functionellen und entzündlichen Neuritiden, bedeutend ungünstiger hingegen bei den primären Optikus-Atrophien, sowie bei den im Gefolge der Tabes auftretenden.

Von anderen Erkrankungen der Retina können in gleicher Weise behandelt werden die Retinitis pigmentosa sowie die functionellen Amblyopien und Amaurosen (Hysterie, Blei-, Nicotin- und Alkoholvergiftungen).

Die Behandlung der Papillitis (Stauungs-Papille) hingegen erzielt keinen sehr ermuthigenden Erfolg. Die Elektrotherapie der Erkrankungen der Cornea, Chorioidea und der Iris gehört ganz in das specialistische Gebiet der Augenheilkunde und kann hier übergangen werden.

b) Gehör. Abgesehen von einigen geringfügigen Erkrankungen des äusseren Gehörganges und des Trommelfelles kommen für die Elektrotherapie vor Allem Erkrankungen des nervösen Gehörapparates selber in Frage und zwar in erster Linie das nervöse Ohrensausen. Die Behandlung dieses oft so qualvollen Leidens besteht im Allgemeinen darin, dass man die Reizphasen, durch welche das Ohrgeräusch gedämpft oder aufgehoben wird, möglichst lange einwirken lässt und die das Sausen vermehrenden Reizphasen vermeidet. Die elektrische Behandlung wird sich daher stützen müssen auf eine genau elektrodiagnostische Untersuchung. Bei einer einfachen, mit Ohrensausen verbundenen Hyperästhesie des Akustikus wird meistens durch An S und An D das Gehörgeräusch völlig gedämpft, während es durch An O, Ka S und Ka D bedeutend vermehrt wird. Man wird daher die Anode stabil auf den Tragus aufsetzen, den Strom sorgfältig ein- und vor allen Dingen ausschleichen, um die Anodenöffnungsreactionen zu umgehen. Handelt es sich um Hyperästhesie mit Umkehrung der Normalformel, so wird oft Ka S und Ka D vermindernd

auf das Ohrensausen einwirken. Diejenigen Ohrgeräusche, welche ihre Entstehung offenbar ausserhalb des Gehörnerven haben, sind der Elektrotherapie unzugänglich.

Die Erfolge der Elektrotherapie des Ohrensausens sind sehr verschieden. Am günstigsten scheinen die Fälle beeinflusst zu werden, in welchen das Ohrensausen Theilerscheinungen von functionellen Neurosen, speciell von Neurasthenie und Hysterie ist.

II. Elektrolyse.

Bei der Elektrolyse als therapeutischer Maassregel macht man Gebrauch von den chemischen Wirkungen des galvanischen Stromes. Wie schon oben (Seite 124) erwähnt, wird ein flüssiger Leiter — und als solchen darf man wegen seines Kochsalzgehaltes auch das lebende Gewebe des menschlichen Körpers betrachten — durch den galvanischen Strom zersetzt, indem sich an der Anode die Säuren (Anionen), an der Kathode die Alkalien (Kationen) ansammeln. An der Anode tritt in Folge der Säurebildung eine Coagulation des Gewebes ein, an der Kathode eine Verflüssigung desselben. Man kann daher die Elektrolyse benutzen, um je nach der Polstellung Blutungen zu stillen oder zu vermindern, z. B. bei Aneurysmen, Varicen, Angiomen u. s. w., oder gerinnbare Flüssigkeiten zu coaguliren (Anode) oder harte Gebilde — Neubildungen, Warzen, Condylome — zu verflüssigen und dadurch der Resorption zugänglicher zu machen (Kathode). Selbstredend muss bei allen diesen Maassregeln der Strom dem Gewebe direct zugeführt werden. Es geschieht dies, indem man die beiden Pole als Nadeln aus Platin, Zink oder Gold direct in das zu behandelnde Gewebe einsticht, während der andere Pol als indifferenter auf die unverletzte Haut applicirt wird (monopolare Methode). Man kann aber auch beide Elektroden in Form von Nadeln in das betreffende Gewebe einführen (dipolare Methode).

Zur Erzeugung des Stromes dient entweder die gewöhnliche galvanische Batterie oder eine kleinere, mit wenigen, aber dafür um so grösseren Elementen. Die

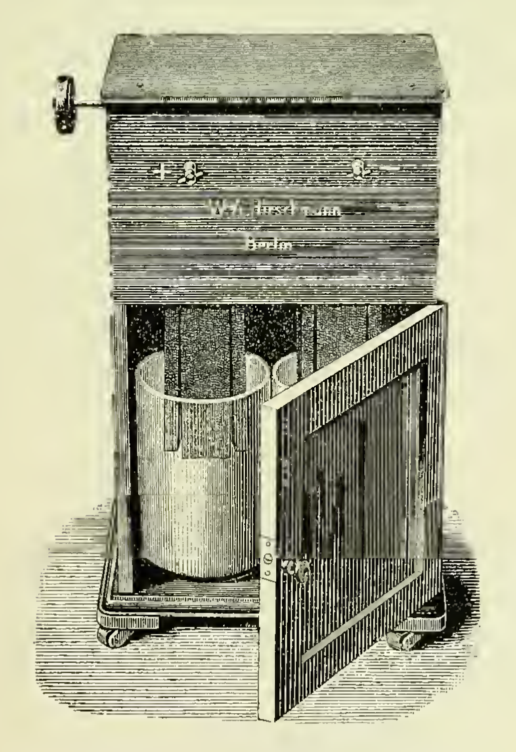


Fig. 79. Batterie zur Galvanokaustik nach Hirschmann.

Stromstärken schwanken zwischen 5—100 und noch mehr M. A. Auch bei der Elektrolyse ist natürlich der Gebrauch eines absoluten Galvanometers durchaus nothwendig.

Alle näheren Einzelheiten müssen in speciellen Lehrbüchern nachgesehen werden.

III. Galvanokaustik.

Die Galvanokaustik macht sich die thermischen Wirkungen des elektrischen Stromes zu Nutze, indem ein zwischen den beiden Polen einer galvanischen Batterie als Schliessungsbogen eingeschalteter Platindraht bei genügender Stromstärke zum Glühen gebracht werden und dadurch zerstörend auf pathologische Gebilde wirken kann. Je nach der besonderen Anwendung hat dieser Platindraht verschiedene Formen: Schlinge, Cylinder, Kegel u. s. w. Die Batterie muss aus Elementen von grosser elektromotorischer Kraft und geringem inneren Widerstande bestehen, damit die ganze, durch den Strom sich entwickelnde Wärme auf den kurzen Schliessungsdraht sich concentriren kann. Sehr zu empfehlen ist die von Hirschmann gelieferte Batterie (s. Fig. 79), welche aus Zink-Kohlenelementen besteht, mit einer Lösung von Chromsäure in verdünnter Schwefelsäure:

Acid. chrom. . .	75,0,
Hydr. oxyd. sulf.	20,0,
Acid. sulf. conc. . . .	200,0.

Die Elemente können durch eine Kurbel mehr oder weniger tief in die Lösung eingetaucht und auf diese Weise die Stromstärken regulirt werden.

Auch hier muss in Bezug auf alle Einzelheiten der Anwendung auf die Lehrbücher, speciell die der Chirurgie verwiesen werden.

IV. Das hydroelektrische Bad.

Um die Elektricität auf den ganzen Körper wirken zu lassen, bedient man sich mit Vorliebe des hydroelektrischen Bades, indem man den Strom in eine mit Wasser gefüllte Badewanne leitet, welche den Schliessungsbogen des Stroms darstellt (s. Tafel III). Je nachdem man eine oder die andere Stromesart verwendet, spricht man von

einem faradischen oder einem galvanischen Bade, mit dem Watteville'schen Stromwähler kann man auch ein galvano-faradisches Bad herstellen. Die Badewanne wird sowohl auf dem Boden als auch an den Wänden mit einem Gitter von Holzstäben versehen, so dass der Badende nirgends ihre Wände berührt. Die Anwendung der Pole ist entweder derart, dass nur ein Pol in Form einer durch Holz isolirten Metallplatte an das Fussende der Wanne gebracht wird, während der zweite Pol seine Endigung in einem über der Wanne hängenden Metallstab oder Metallring hat, welchen der Badende mit feuchten Händen umfasst, und so den Strom schliesst (Monopolares Bad). Je nachdem bei dem galvanischen Bade Kathode oder Anode in die Wanne eintauchen, spricht man von einem Kathoden- oder einem Anoden-Bad. Eine andere, weitaus häufiger gebrauchte Anordnung besteht darin, dass beide Pole in das Badewasser eingetaucht werden, der eine am Kopf-, der andere am Fussende, meistens in Form von grossen Metallschaufeln, Eine besondere Art von Badeelektrode hat Trautwein construirt, indem er den einen Pol unmittelbar an die Füsse anlegte, während der andere Pol ein sogenanntes Rückenkissen darstellt, eine längliche Metallplatte, auf welchem der Badende ruht (s. Tafel III R).

Als Stromquelle benutzt man für das galvanische Bad 40—60 Elemente mit geringem inneren Widerstande, für das faradische Bad den gewöhnlichen Schlitteninduktionsapparat.

Die Wirkung des elektrischen Bades kann noch verstärkt werden durch die sogenannte elektrische Douche: während die Badewanne den einen Pol darstellt, wird der andere gebildet von dem metallischen Ansatzrohr einer über der Wanne angebrachten Wasserdouche.

Indirect ist das hydroelektrische Bad vor allen Dingen bei functionellen Nervenerkrankungen, namentlich bei Neurasthenie und Hysterie, ferner wird dasselbe empfohlen bei Tremor (auch bei morbus Basedowii) und bei chro-

nischem Muskelrheumatismus. Die Erfolge sind meistens recht gute, insbesondere bei den allgemeinen Neurosen. Ganz genaue Indicationen für das hydroelektrische Bad lassen sich zur Zeit noch ebensowenig aufstellen, als solche für den Gebrauch des monopolaren oder dipolaren oder des galvanischen und des faradischen Bades, wenn auch das letztere in dipolarer Forın am meisten angewendet wird.

SACHREGISTER.

(El. Th. = Elektrotherapie.)

A

B

C

D

E

F

G

H

I

K

P

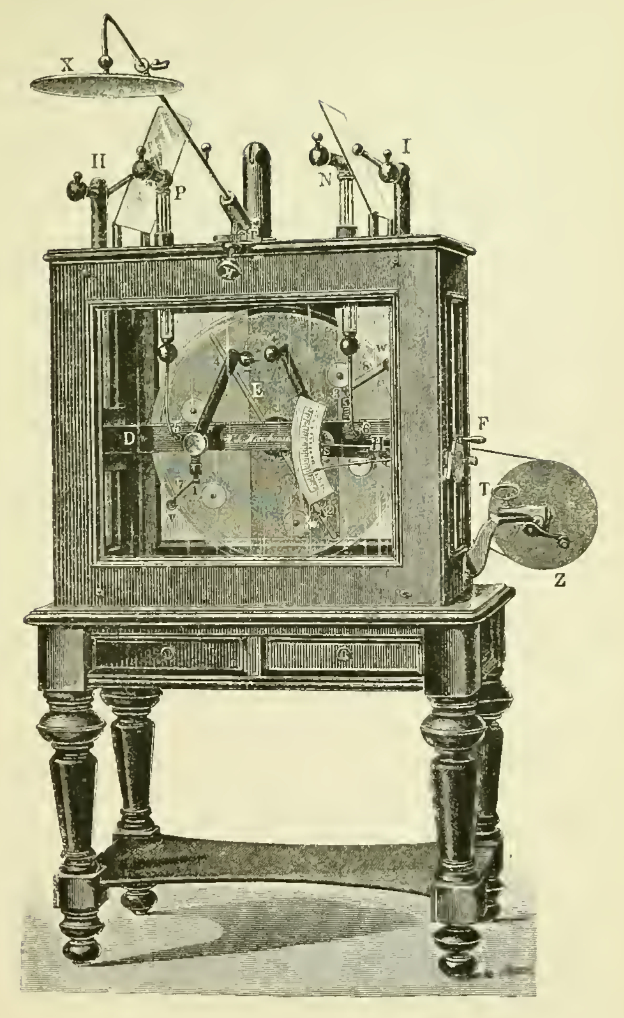
R

S

T

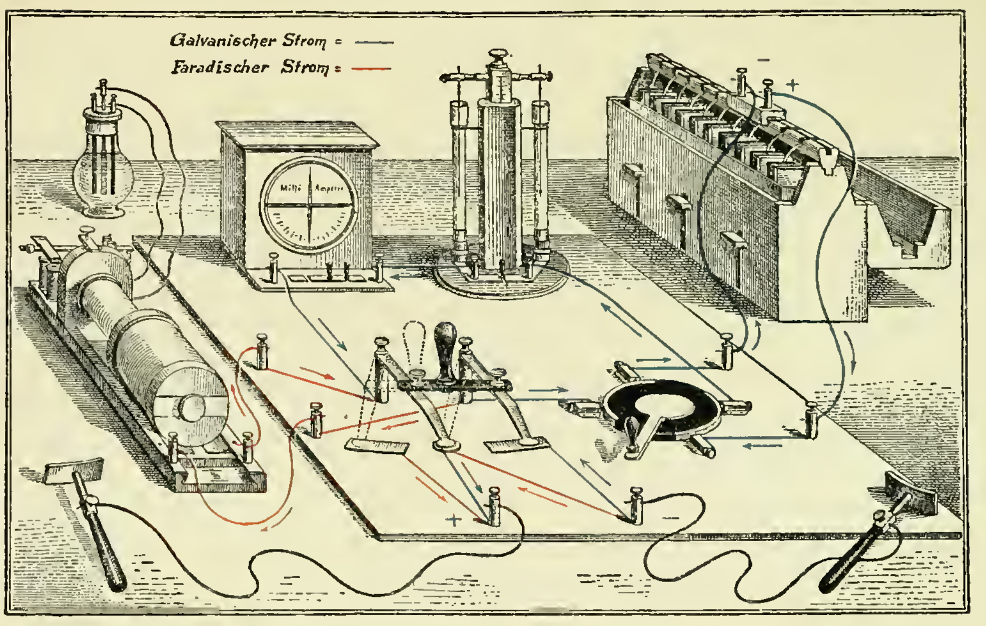
Druckberichtigungen:

Seite 43,	in Figur 31.		Edelmann'sches Galvanometer für Edelmann'scher.
„ 70,	Zeile 3	v. u.	Af S Z > Ab S Z für Af S Z — Ab S Z.
„ 109,	„ 1	v. o.	vor „Die Zuckungen etc.“ 3.
„ 113,	„ 17	v. o.	Schwann'sche für Schwamm'sche.
„ 129,	„ 13	v. o.	desselben für derselben.
„ 129,	„ 19	v. u.	Rückenmark für Rückenmarck.
„ 131,	„ 2	v. u.	Stromdichtigkeit für Stromtüchtigkeit.
„ 136,	„ 8	v. o.	suggestivem für suggetsivem.
„ 138,	„ 7	v. o.	Tafel I für Tafel II.
„ 139,	„ 11	v. o.	zerstörten für verstörten.
„ 147,	„ 8	v. o.	Antagonisten für Antaganisten.
„ 147,	„ 2	v. u.	zukommen für zukomme.
„ 148,	„ 1	v. u.	Facialis für Eacialis.



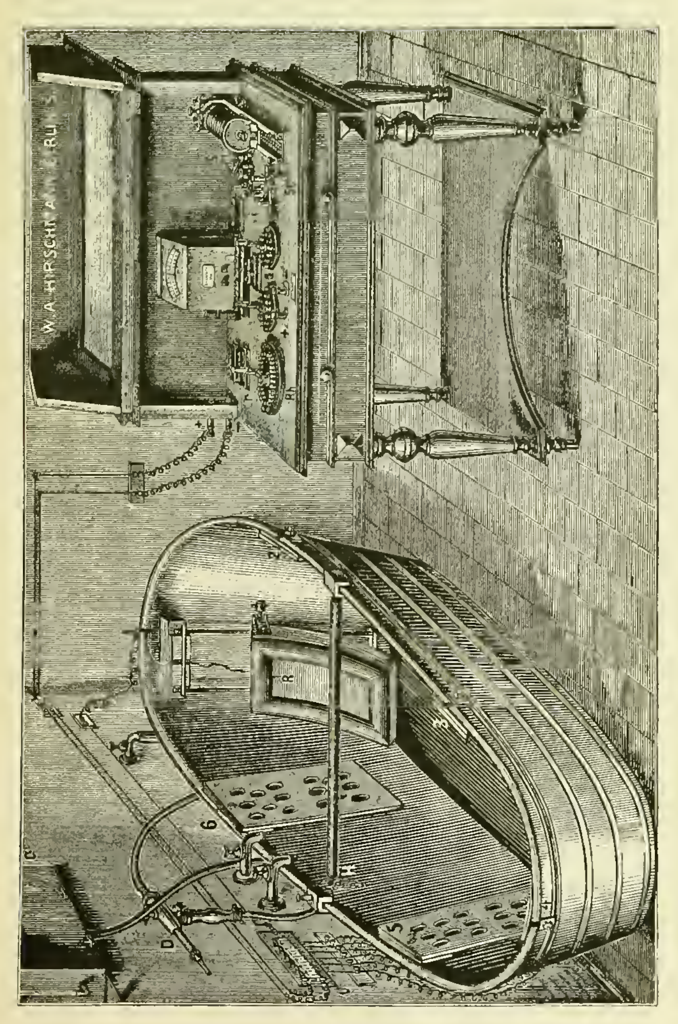
Hirschmann'sche Influenzmaschine.





Stromverlauf auf einem Stöhrer'schen Tisch.





Hydroelektrisches Bad. Nach Hirschmann.



Stintzing'sche Grenzwerthe für die Nerven.

Nerven	Galvanische Reizung					Faradische Reizung				
	Unt. Ex-trem.	Grenzwerth	Mittel-werth	Ob. Ex-trem.	Maximal-Differenz bei der Körper-hälfte	Unt. Ex-trem.	Grenzwerth	Mittel-werth	Ob. Ex-trem.	Maximal-Differenz bei der Körper-hälfte
N. facialis. Stamm. . . .	0,8	1,0 —2,5	1,75	2,8	1,3	145	132—110	121	102	10
„ „ 1 Ast	0,6	0,9 —2,5	1,45	2,5	0,7	—	137—120	128,5	117	10
„ „ 2 Ast	—	0,8 —2,0	1,4	2,5	—	145	135—115	125	110	—
„ „ 3 Ast . . .	—	0,5 —1,4	0,95	—	—	—	140—125	132,5	118	—
„ accessorius . .	—	0,10—0,44	0,27	0,6	0,15	—	145—130	137,5	125	10
„ musculo cutaneus	—	0,04—0,28	0,17	0,35	0,19	—	145—125	135	122	10
„ medianus	0,27	0,3 —1,5	0,9	2,0	0,6	141	135—110	122,5	100	12
„ ulnaris am Ellbogen	—	0,2 —0,9	0,55	4,3!	0,6	145	140—120	130	110!	6
„ ulnaris am Hand-gelenk . .	—	0,6 —2,6	1,6	—	0,7	—	130—107	118,5	—	11
„ radialis	0,7	0,9 —2,7	1,8	3,0	1,1	125	120— 90	105	—	16
„ cruralis	0,3	0,4 —1,7	1,05	2,6!	0,6	—	120—103	111,5	—	8
„ peroneus	—	0,2 —2,0	1,1	2,7!	0,5	138	127—103	115	95	13
„ tibialis	—	0,4 —2,5	1,45	—	1,1	125	120— 95	107,5	93	10
„ axillaris	—	0,6 —5,0	2,8	—	0,7	—	125— 93	109	67	13
„ thoracic. ant.	—	0,09—3,4	1,75	—	1,3	—	145—110	127,5	—	20!

Die galvanischen Werthe, ausgedrückt in M. A., beziehen sich auf eine Reizelektrode von 3 cm²

Reizelektrode 3 cm²

! bedeutet eine wahrscheinliche pathologische Reaction.

Stintzing'sche Grenzwerthe für die Muskeln.

Muskeln	Erste Ka SZ in M. A.	Farad. Minimalzuckung in R. A.	Grösse der Reizelektr.
cucullaris	1,6	116	12 cm²
deltoideus	1,2—2,0	123—100	,,
pector. maj.	0,4	117	6 cm²
pector. minor	0,1—2,5	133—107	,,
serrat. ant. maj.	1,0—8,5 !	115—70 !	12 cm²
supinat. longus	1,1—1,7	109—106	3 cm²
ext. dig. comm.	0,6—3,0	115—95	,,
ext. carp. rad.	0,8	112	,,
ext. poll. brev.	1,5—3,5	118—107	,,
pronator teres	2,5—2,8	115	,,
flexor dig. subl.	0,3—1,5	138—116	,,
ulnaris int.	0,9—2,9	133—96	,,
abd. dig. min.	2,5	115—110	,,
rect. fem.	1,6—6,0	123—95	20 cm²
vastus int.	0,3—1,3	115—113	,,
tibialis ant.	1,8—5,0	123—106	12 cm²

Faradocutane Sensibilitätsprüfung nach Erb.

Reizstellen	Mann 37 J. gesund		Mann 26 J. gesund		Mittelwerthe versch. Beobachtungen	
	Minimum r.	Schmerz l.	Minimum r.	Schmerz l.	Minimum r.	Schmerz l.
Wange	200—213	130—130	217—220	130—133	200—220	130
Hals	200—192	125—127	187—180	117—120	180—200	120
Oberarm (Innenfläche)	198—202	125—130	195—180	110—116	200	120
Vorderarm (Innenfläche)	196—185	115—120	186—200	111—117	190	115
Handrücken	170—180	115—105	168—160	111—115	175	110
Fingerspitzen	115—125	85—86	123—125	95—96	125	90
Abdomen	195—197	125—125	177—177	135—123	190	120
Oberschenkel (Innenfläche)	195—190	130—125	173—170	113—122	180	115
Unterschenkel (Aussenfläche)	183—185	119—122	160—178	107—109	170	110
Fussrücken	173—181	110—125	170—180	110—110	175	110
Fusssohle	110—108	75—82	104—107	82—80	110	80

aromatischem, campherartigem Geruch, und bitterem Geschmack. Bestandtheile: Harz, ätherisches Oel, Stärkemehl.

Anwendung: Als Aromaticum im Volksgebrauch.

Zincum. (Die **Zinkpräparate** s. unten.)

Wirkung: Zinkverbindungen bilden mit Eiweisssubstanzen Albuminate und wirken dadurch local adstringirend und ätzend, im Darmcanal reizend (Gastroenteritis); auf Wundflächen bildet das Zinkalbuminat eine schützende Decke. Resorption grösserer Dosen bewirkt Muskellähmung; bei chronischer Vergiftung treten tabesähnliche Erscheinungen und Kachexie auf.

Anwendung: *Innerlich* bei Epilepsie, namentlich wenn die Bromsalze unwirksam sind, und bei Convulsionen der Kinder, und zwar hauptsächlich Zincum oxydatum, ferner Zincum aceticum (s. d.). *Aeusserlich* als Adstringens (besonders Zincum sulfuricum), bei Catarrhen der Conjunctiva, der Vagina, selten bei chronischem Darmcatarrh; als adstringirendes, austrocknendes und deckendes Mittel bei Intertrigo, Eczem, Erosionen u. s. w. (besonders Zincum oxydatum); als Aetzmittel bei Geschwüren, Endometritis, Diphtherie, zur Injection in cystische Tumoren (Zincum chloratum).

Die Zinkpräparate.

Zincum aceticum. Dargestellt durch Auflösen von Zinkoxyd in Essigsäure. Weisse, glänzende Blättchen, löslich in 3 Th. Wasser, 36 Th. Weingeist.

Anwendung: Als Adstringens zu Gurgelwasser [0,5 bis 1 %].

Zincum chloratum. Dargestellt durch Auflösen von Zink oder Zinkoxyd in Salzsäure. Weisses zerfliessliches Pulver, in Wasser und Weingeist leicht löslich; mit Wasser durch Bildung von geringen Mengen Zinkcarbonat meist etwas trübe Lösungen gebend, daher besser zu filtriren.

Anwendung: Nur *äusserlich* als Aetzmittel bei Diph-

Angina pectoris: Ammonium aceticum. Amylium nitrosum. Kalium und Natrium jodatum. Morphinum. Nitroglycerinum.

Anschwellungen, entzündliche: Cerussa. Emplastrum Hydrargyri. Emplastrum Lithargyri. Jodum. Unguentum Hydrargyri cinereum. Unguentum Plumbi. Siehe auch Hautreizmittel.

Antacida siehe Säurebindende Mittel.

Antiparasitica siehe Pediculi u. s. w.

Antipyretica: Acetanilidum. Acidum salicylicum. Antipyrinum. Benzanilidum. Chininum. Phenacetinum. Phenocollum hydrochloricum. Thallinum sulfuricum.

Antiseptica und Desinficentia: Acidum boricum, carbolicum, salicylicum. Alumen acetico-tartaricum, aceticum. Boroglycerinum. Calcaria chlorata. Chloroformium. Creolinum. Euphorin. Hydrargyrum bichloratum. Jodoformium. Jodolum. Kalium permanganicum. Lysol. Pyoktaninum (Anilin). Salol. Solveol. Sozojodol. Zincum sulfocarbolicum.

Aphten siehe Stomatitis.

Arteriosclerosis und Arteriospasmus: Kalium und Natrium jodatum. Natrium sulfuricum. Nitroglycerinum.

Arteriospasmus siehe Arteriosclerosis.

Arthritis deformans: Acidum arsenicosum. Colchici semen. Kalium jodatum. Siehe auch Hautreizmittel, Resorptionsbefördernde Mittel.

Ascariden: Santoninum (Cinae flores).

Asthma: Acidum arsenicosum. Antipyrinum. Argentum nitricum. Atropinum. Cannabis indica. Chloralum hydratum. Grindeliae herba. Kalium jodatum. Kalium nitricum. Lobeliae herba. Morphinum. Pyridinum. Quebracho. Stramonii folia.

Asthma cardiacum: Amylium nitrosum. Chloroformium. Grindeliae herba. Kalium und Natrium jodatum. Lobeliae herba. Morphinum. Nitroglycerinum. Quebracho.

Augensalbe: Hydrargyrum oxydatum via humida paratum.

Augenwässer: Acidum arsenicosum. Aqua Foeniculi. Kalium carbonicum. Siehe auch Conjunctivitis.

Bäder mit Säuren: Acidum hydrochloricum, nitricum. **Moussirende Bäder:** Acidum hydrochloricum. Ferrum sulfuricum. **Aromatische Bäder:** Angelicae radix. Mellissae, Serpylli Folia. Species aromaticae. **Adstringirende Bäder:** Quercus cortex. **Hautreizende Bäder:** Sinapis semen. Terebinthinae oleum. Kiefer- und Fichtennadelbäder. **Soolbäder:** Natrium chloratum. **Alkalische Bäder:** Kalium carbonicum crudum. Kali causticum. Natrium carbonicum.

Balanoposthitis: Acidum boricum. Siehe auch Antiseptica und Desinfitienta.

Balantidium coli: Chininum.

Beruhigende Mittel siehe Sedativa.

Bittermittel siehe Amara.

Der Gebrauch des Mikroskops wird für den praktischen Arzt mehr und mehr unerlässlich, je tieferen Einfluss die Leistungen der biologischen Wissenschaften auf die ärztliche Diagnostik gewinnen. Freilich ist nicht zu leugnen, dass die Anwendung des Mikroskops für den vielfältig in Anspruch genommenen praktischen Arzt mit grösseren Umständlichkeiten verknüpft ist als die Handhabung der sonst der Diagnostik dienstbaren Instrumente. Für die Zwecke des praktischen Arztes bedarf es keineswegs all der zahlreichen und zum Theil complicirten Untersuchungsmethoden, wie sie in den grossen Lehrbüchern und den Handbüchern der einzelnen hierbei in Frage kommenden Disciplinen in jährlich wachsender Zahl Darstellung finden. Im Gegentheil wird es um die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Untersuchungsergebnisse immer besser bestellt sein, wenn sie mit wenigen möglichst einfachen Methoden gewonnen werden, die von dem Einzelnen bei einiger Uebung bald beherrscht werden können. Aus diesem Grunde habe ich mich auf die Angabe nur weniger sorgfältig geprüfter Verfahren beschränkt und dieselben durch zahlreiche, wie ich hoffe wohlgelungene lithographische Abbildungen erläutert. Durch die grosse Liberalität, mit welcher mir mein hochverehrter früherer Chef, Herr Geheimrath Prof. Birch-Hirschfeld das reiche Material des pathologischen Instituts zur Verfügung stellte, war es mir möglich, für fast alle Abbildungen Originalpräparate als Vorlagen zu beschaffen. Einige verdanke ich auch dem Kinderkrankenhause zu Leipzig. Ich bin hierfür Herren Geheimrath Birch-Hirschfeld und Medicinalrath Professor Heubner zu aufrichtigem Danke verpflichtet. Um die sorgfältige und verständnissvolle Ausführung der Abbildungen hat sich mein Freund Herr Dr. Etzold viel Verdienst erworben ebenso die Verlagshandlung um die correcte technisch schwierige Wiedergabe derselben. Ich habe nicht unterlassen neben den ausführlicheren Büchern über die klinische Diagnostik, insbesondere den Werken von Peyer, Bizozzero und v. Jaksch auch die mannigfach

über ganze Länder zu bringen im Stande ist, als durch die Opfer, welche sie fordert.*)

Hat man freilich einen typisch reiswasserähnlichen Stuhl und vielleicht noch sonst welche stützende Momente für die Diagnose, so kann es unter Umständen möglich sein, dass der mikroskopische Nachweis der Kommabacillen den letzten Zweifel an der Richtigkeit der Diagnose behebt. Man sucht sie in solchen Fällen am besten in den weisslichen Flöckchen, welche in der wie Wasser oder sehr dünne Stärkelösung aussehenden Flüssigkeit schwimmen. Man untersucht eine solche Flocke frisch, eventuell im hängenden Tropfen bei enger Blende. Es gehört schon einige Uebung dazu, um die lebhaft beweglichen Spirillen ohne Färbung zu erkennen. Die Herstellung von Dauerpräparaten geschieht in der gewöhnlichen Weise, indem man eine Flocke des Schleims in dünner Schicht auf dem Deckglas ausbreitet, nach dem Trockenwerden fixirt und mit der wässrigen Fuchsin- oder Methylenblaulösung 5 bis 10 Minuten färbt. Die Cholerabacillen sind Stäbchen von geringerer Länge, aber bedeutenderer Dicke als die Tuberkelbacillen. Sie sind stets etwas gebogen; zuweilen ist diese Krümmung nur eben angedeutet, zuweilen erreicht sie die Form eines Kommas, seltener die eines Halbkreises (Fig. 40, Tafel VII). Manchmal finden sich zwei Kommas derart aneinandergereiht, dass ihre Krümmungen nach entgegengesetzten Seiten gerichtet sind, so dass aus den Komma- S-Formen entstehen.

---

*) Verfasser hat, als im Sommer 1892 die Seuche von Hamburg aus Deutschland bedrohte, mehrfach die Obduction und bacteriologische Untersuchung choleraverdächtiger Todesfälle auszuführen gehabt und glaubt daher aus Erfahrung vor jener Vielgeschäftigkeit warnen zu sollen, welche meint, die Sicherheit der ärztlichen Diagnose dadurch erhöhen zu können, dass sie dem Arzte ein paar Gelatineröhrchen mit Impfnadeln mit auf den Weg giebt. Der praktische Arzt wird jedenfalls vorsichtiger und für das eigene sowohl als das öffentliche Wohl richtiger handeln, wenn er den verdächtigen Fall ruhig als wirklich unzweifelhaften behandelt und die Stellung der Diagnose den Bacteriologen von Fach überlässt.

Medicinische Bibliothek für praktische Aerzte.

Nr. **13.** **Die physikalische Therapie der Phthise. Ein Ersatzmittel für das Hochgebirge.** Von *Sanitätsrath Dr. med. Hermann Peters* in Bad Elster.

Mk. —.50 (60 Heller), geb. Mk. 1.— (120 Heller).

„Diese kurze Monographie dürfte schon durch ihr Thema interessiren. Der Autor geht von der Frage aus: Aus welchem Grunde übt das Hochgebirge auf die chronische Lungentuberkulose eine solch günstige Wirkung, und sucht, nachdem er die Beantwortung dieser Frage gefunden, nach einem Mittel, welches die heilwirkenden Faktoren der Hochgebirgsluft für den Tieflandbewohner zu ersetzen vermag. Mit Vorschriften über die Anwendungsweise dieses Mittels schliesst er seine Arbeit ab.“ *(Akad. Monatshefte.)*

Nr. **14** u. **15.** **Die Massage, ihre Technik und Anwendung in der praktischen Medicin.** Von *Dr. med. Dolega*, prakt. Arzt und Inhaber der vorm. Schreber-Schildbach'schen orthopädischen und mechanotherapeutischen Heilanstalt, Leipzig. Mit 10 Lichtdruck-Abbildungen.

Mk. 1.— (120 Heller), geb. Mk. 1.50 (180 Heller).

„Das hübsche und billige Werkchen erscheint in der „Medicinischen Bibliothek“ als Nummer 14 und 15. Der Tendenz dieser Sammlung zufolge hat sich der Autor bemüht, in präciser und klarer Sprache das zu geben, was den praktischen Arzt am Krankenbette interessirt. Zehn Lichtdruck-Abbildungen tragen zum Verständniss der Manipulationen wesentlich bei.“ *(Allg. Wiener med. Zeitung.)*

Nr. **16—18.** **Anleitung zur hydropathischen Behandlung der acuten Infectionskrankheiten.** Von *Sanitätsrath Dr. med. Barwinski*, Direkt. der alten Wasserheilanstalt, Elgersburg i. Th. Mit 11 Abbildungen.

Mk. 1.50 (180 Heller), geb. Mk. 2.— (240 Heller).

„Eine sehr praktische Anleitung zum Studium und zur Ausübung des Wasserheilverfahrens am Bett Fieberkranker findet der Arzt in obigem Werkchen, von dem wir, ohne uns einer oft missbrauchten Phrase schuldig zu machen, behaupten können, dass es einem thatsächlichen Bedürfniss entgegenkommt. Wir wünschen nur, dass die Gabe des als Hydrotherapeuten rühmlichst bekannten Herrn Verfassers überall dankbar entgegen genommen werde und dadurch ein gutes Stück dazu beitrage, die Hydrotherapie zum Gemeingut aller Aerzte zu machen. Die Verlagshandlung verdient besonderen Dank dafür, dass sie durch den äusserst niedrigen Preis des Buches sich bemüht, der allgemeinen Verbreitung desselben nach Kräften Vorschub zu leisten.“ *(Gesunde Kinder.)*

te.

N axis.
nt der
sitäts-
Tafeln.
Heller).

eshalb
au n den
A finden,
d über-
si Buch
ci Arzt."
unde.)

N erheil-
Privat-
chweiz.
. med.
ication

Heller).

chtigen
I über-
s Klimas
u jedem
C n, ein
d r noch
rneck.)

prochen
V Aerzten
sehr brauchbare und, was nicht zu unterschätzen ist, auch billige Bücher in die Hand giebt. Wir werden noch öfter Gelegenheit haben, Erscheinungen dieses Verlags in der Rundschau zu besprechen und freuen uns auf die angekündigten weiteren Bände, als deren Verfasser allseitig erprobte Kollegen genannt sind."

(Balneologische Rundschau.)

„Die Verlagshandlung hat ihre „Medicinische Bibliothek" auf das Beste inaugurirt."

(Medicinisch-chirurgisches Centralblatt.)

Medicinische Bibliothek für praktische Aerzte.

In Vorbereitung befinden sich:

Die Krankheiten der weiblichen Geschlechtsorgane.
Von *Dr. Johannes Donat*, prakt. Arzt iu Leipzig, ehemaligem Assistent an der Frauen-Heilanstalt von Professor Sänger, daselbst. (ca. 6 Nummern).

Die Krankheiten des Nervensystems.
Von *Professor Dr. F. Krauss* in Wien. (ca. 6 Nummern).

Die Krankheiten der Circulationsorgane.
Von *Privatdocent Dr. F. Kovacs* in Wien. (ca. 4 Nummern).

Die Kinderkrankheiten.
Von *Dr. Jérome Lange*, Assistent am Kinder-Krankenhaus zu Leipzig, und *Dr. Max Brückner* in Dresden. (ca. 8 Nummern).

Physiologie, Pathologie und Therapie des Neugeborenen.
Von *Privatdocent Dr. med. Max Lange*, Königsberg i. Pr. (ca. 2 Nummern).

Die Krankheiten des Blutes und des Stoffwechsels.
Von *Dr. Richard Schmaltz* in Dresden. (ca. 4 Nummern).

Die Pathologie und Therapie der männlichen Gonorrhoe.
Vou *Dr. med. Neuberger*, Inhaber einer Privatklinik für Hautkrankheiten in Nürnberg. Mit farbigen Tafeln. (ca. 4 Nummern).

Ausführliche Prospekte können durch alle Buchhandlungen verlangt werden; ebenso sind die Bücher selbst **durch alle Buchhandlungen** oder direct von der Verlagshandlung **C. G. Naumann** in Leipzig zu beziehen, letztere sendet sie jedoch ausnahmslos nur gegen vorherige Einsendung des Betrages oder unter Postnachnahme. **Aparte Einbanddecken zum nachträglichen Einbinden broschirter** ... n **Preise von 35 Pfennige (42 Heller) für** ... :n.

... :rreu, welche **Mitarbeiter** der medicinischen ... wünschen, bittet die Verlagshandlung, ihr zu- ... Art und Umfaug der betreffenden Manuscripte ... geben. Sie wird alsdann mittheilen, ob die ... othek möglich ist uud eventuell um Zusendung ... :s Manuscriptes ersuchen.


1802.